

Resum

En el present projecte es dissenya el procés de fabricació d'un conjunt de peces que pertanyen a una caixa de canvis. Els objectius principals són estudiar i analitzar els processos de fabricació, definir els temps de fabricació i fer una avaluació econòmica i ambiental del projecte. Al llarg del projecte es defineixen les fulles de ruta i fase del procés en els quals s'han estudiat les operacions a fer per obtenir les peces. També s'ha designat la maquinaria i els utilitats necessaris per dur a terme el procés productiu el més eficientment possible. S'ha realitzat un estudi del disseny en algunes peces per simplificar i unificar els processos i els temps de cicle. Pel que fa a la distribució en planta per la fabricació s'ha utilitzat una distribució en cèl·lules flexibles per definir la distribució de les màquines dins la nau de producció. Per altra banda, el procés de muntatge s'ha definit en funció dels conjunts de peces que formaven el conjunt principal, procurant que el muntatge final sigui més ràpid i més eficient. Els estudis econòmics i ambientals reflecteixen el resultat del projecte i la continuïtat d'aquest tant econòmicament com ambientalment en el futur.

El conjunt de peces pel qual es fa el disseny del procés de fabricació és un sistema d'accionament i sincronització d'una transmissió CVT. El disseny del sistema pertany a un projecte final de carrera de la titulació d'Enginyeria Industrial de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya, "*Diseño y desarrollo de un sistema de accionamiento y sincronización de marchas*" desenvolupat per l'estudiant Asís García. El projecte estudia i dissenya una millora d'un prototip anterior. El que pretén és millorar l'accionament del sistema, o sigui, passar de l'accionament manual a l'automàtic. Aquest projecte té un nombre de peces i una complexitat suficients per poder desenvolupar un projecte de disseny del procés de fabricació

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
1. PREFACI	7
1.1. Motivació	7
2. INTRODUCCIÓ	8
2.1. Objectius del projecte	8
2.2. Abast del projecte	8
3. DESCRIPCIÓ DEL CONJUNT	12
3.1. Funcionament	12
3.2. Famílies de components	13
3.2.1. Forquilles	14
3.2.2. Sincronitzadors	15
3.2.3. Eixos d'accionament	16
3.2.4. Casquets	16
3.2.5. Plaques dels suports	17
3.2.6. Suports	18
3.2.7. Tambors	18
3.2.8. Tapes molles	19
3.2.9. Barres accionadores	19
3.3. Estudi del disseny	20
3.3.1. Tambors	20
3.3.2. Suports eixos	21
3.3.3. Plaques de suport	21
3.4. Disseny dels utilatges	22
3.4.1. Utilatges per a la família de les forquilles	22
3.4.2. Utilatge per als Casquets	24
3.4.3. Utilatges de les plaques de suport	24
3.4.4. Utilatge per al suport del motor pas a pas 03	25
4. PROCÉS DE FABRICACIÓ DE LES PECES	27
4.1. Material de partida	27
4.1.1. Sincronitzadors	27
4.1.2. Eixos d'accionament	28

4.1.3.	Casquets.....	28
4.1.4.	Plaques suports.....	28
4.1.5.	Suports.....	29
4.1.6.	Tambors.....	29
4.1.7.	Forquilles.....	30
4.2.	Estudi d'alternatives en els processos de fabricació.....	31
4.2.1.	Sincronitzadors.....	31
4.2.2.	Eixos d'accionament.....	32
4.2.3.	Casquets.....	33
4.2.4.	Plaques suports.....	34
4.2.5.	Suports.....	34
4.2.6.	Tambors.....	34
4.2.7.	Forquilles.....	34
4.3.	Components de fabricació subcontractada.....	35
4.3.1.	Tapes de molles.....	35
4.3.2.	Barres accionadores.....	35
4.4.	Components de compra.....	35
4.5.	Descripció del procés de fabricació.....	35
4.5.1.	Forquilles.....	35
4.5.2.	Sincronitzadors.....	36
4.5.3.	Eixos.....	37
4.5.4.	Casquets i tambors.....	37
4.5.5.	Plaques de suports i suports motor pas a pas.....	38
5.	TEMPS DE CICLE PER PEÇA I ESTUDI DE CAPACITATS.....	39
5.1.	Tornejar.....	40
5.2.	Fresat.....	40
5.3.	Trepanat.....	42
5.4.	Rectificat cilíndric.....	43
5.5.	Rectificat pla.....	43
5.6.	Brotxat.....	44
6.	PROCÉS DE MUNTATGE.....	47
6.1.	Estació 1: Subconjunt 1.....	48
6.2.	Estació 2: Subconjunt 2.....	49
6.3.	Estació 3: Subconjunt 3.....	50
6.4.	Estació 4: Subconjunt 4.....	50
6.5.	Estació 5: Subconjunt 5.....	51

6.6.	Estació 6: Subconjunt 6	51
6.7.	Estació 7: Subconjunt 7	52
6.8.	Estacions 8,9 i 10.....	53
6.9.	Estació 11.....	54
6.10.	Estació 12.....	54
7.	DISSENY DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓ	57
7.1.	Zones de la planta de producció	57
7.1.1.	Taller.....	57
7.1.2.	Línia muntatge.....	58
7.1.3.	Magatzems	59
7.1.4.	Oficines.....	59
7.1.5.	Serveis i vestidors	59
7.1.6.	Sala polivalent	59
7.2.	Distribució en planta	59
8.	ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA	62
8.1.	Anàlisi econòmic	62
8.1.1.	Preu de venda	62
8.1.2.	Costos fixos	65
8.1.3.	Costos variables	65
8.1.4.	Inversió inicial	66
8.1.5.	Flux de caixa	66
8.1.6.	Valor Actualitzat Net.....	67
8.1.7.	Taxa de Rendibilitat Interna	68
8.1.8.	Pay-Back o retorn de la inversió	68
9.	GESTIÓ DELS RESIDUS	69
9.1.	Identificació i classificació.....	70
9.2.	Quantitat de residus generats i anàlisi de contaminants.....	70
9.3.	Toxicitat dels residus i/o contaminants	71
9.4.	Recol·lecció dels residus.....	71
9.4.1.	Olis i refrigerant	71
9.4.2.	Ferritja.....	73
9.4.3.	Fluids de tall.....	73
9.5.	Reciclatge/Reutilització i minimitzat de residus i/o contaminants	74
CONCLUSIONS	76
AGRAÏMENTS	78

BIBLIOGRAFIA	80
Referències bibliogràfiques.....	80

1. Prefaci

1.1. Motivació

El motiu principal que va motivar el desenvolupament d'aquest projecte va ser en primer moment l'interès particular relacionat amb sistemes de transmissió.

Per altra banda, l'ocupació laboral actual de l'autor està relacionada amb els plàstics d'injecció, els quals tenen la necessitat d'un motlle d'injecció per a poder fabricar-los. Aquests, en part, s'obtenen per arrencament de ferritja. Llavors el fet de conèixer només a trets generals que comporta la fabricació per arrencament de ferritja, es va decidir intentar buscar algun tema que relacionés les dues parts d'interès.

Llavors es va plantejar fer el disseny per a la fabricació d'un sistema d'accionament i sincronització d'un canvi de marxes, això va resultar interessant, ja que relacionava la part de transmissions amb la fabricació per arrencament de ferritja.

2. Introducció

La fabricació del sistema d'accionament i sincronització d'una transmissió CVT(transmissió continuament variable) planteja uns objectius principals a assolir perquè aquest procés productiu es pugui dur a terme a la realitat i compleixi amb els requeriments de disseny i funcionament del conjunt.

2.1. Objectius del projecte

- Realitzar un estudi previ amb l'objectiu de separar les peces en grups, en funció de les similituds de procés de fabricació.
- Dissenyar el procés de fabricació per cada una de les peces que formen el conjunt. En aquest procés de fabricació s'hauran de detallar les fulles de ruta i les fulles de fase per al procés de fabricació de cada peça. Aquest s'intentarà que sigui el més eficient possible, és a dir, en un temps el més breu possible i al cost més baix sense comprometre la qualitat del producte.
- Proposar millores en el disseny del conjunt per poder millorar el procés productiu sense comprometre els requeriments de funcionament.
- Dissenyar els utilitatges per poder dur a terme la fabricació de les peces
- Dissenyar la distribució en planta de la maquinaria utilitzada per la fabricació segons les necessitats del procés.
- Definir el procés de muntatge i els recursos necessaris.
- Realitzar un estudi de viabilitat econòmica de la implantació del procés productiu.
- Realitzar un estudi d'impacte mediambiental de la fabricació del producte.

2.2. Abast del projecte

El present projecte pretén establir el procés productiu per al conjunt de peces que formen el sistema d'accionament i sincronització d'una caixa de canvis continuament variable. El procés de fabricació per a cada una de les peces serà seleccionat, si s'escau, entre altres alternatives, com a el millor d'entre les diferents possibilitats.



Per establir la producció anual es partirà d'una hipòtesis sobre la demanda. La producció serà de 21.000 vehicles anuals. El contracte de subministrament és de 5 anys. No es definiran tots els automatismes necessaris per poder implantar el sistema productiu i es parteix de la base de que el disseny previ a aquest projecte ja és apte per la comercialització.

3. Descripció del conjunt

3.1. Funcionament

El sistema d'accionament i sincronització de la transmissió *CVT Synchrotronic CPT[1]* té com a objectiu variar les relacions de transmissió entre els sistemes d'engranatges de dins de la caixa de canvis. Gràcies a això s'aconsegueix una variació contínua de la velocitat en l'eix de sortida de la transmissió.

Degut a que la descripció detallada del funcionament del conjunt de transmissió no és el tema principal d'aquest projecte, només es descriurà a grans trets la manera com actuen els diferents components perquè es pugui assolir l'objectiu descrit en el paràgraf anterior.

El sistema d'accionament, tal i com deixa entreveure el seu nom, té la funció d'accionar el sistema de sincronització. S'aconsegueix mitjançant un motor pas a pas. El moviment de l'eix motor es transmet als eixos del sistema d'accionament mitjançant un conjunt d'engranatges i una corretja de transmissió. Amb el moviment d'aquests eixos s'aconsegueix que es moguin els tambors. Els tambors tenen un perfil mecanitzat en el seu contorn, la qual cosa els hi dóna la funció de lleva desmodròmica. S'aconsegueix, mitjançant un moviment de rotació de l'eix i per tant del tambor, un desplaçament de les forquilles seguidores. Aquí s'acaba el sistema d'accionament i comença el sistema de sincronització.

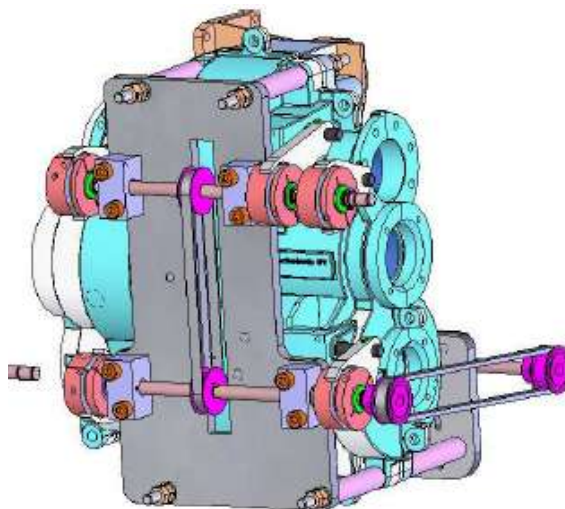


Fig. 3.1. Muntatge dels diferents components del conjunt (García, A.)

El sistema de sincronització té la funció d'engranar o desengranar per aconseguir relacions de transmissió diferents. A través del sistema d'accionament es produeix el moviment axial que s'ha descrit en el paràgraf anterior. Aquest moviment es tradueix de l'eix d'accionament als sincronitzadors mitjançant les forquilles i la barra accionadora. La forquilla seguidora, es desplaça segons la llei de desplaçament de la lleva desmodròmica. Aquesta forquilla seguidora està fixada a la mateixa barra accionadora que la forquilla de sincronització, per tant el moviment és el mateix en les dues. La forquilla sincronitzadora està muntada a la ranura dels sincronitzadors. Movent la forquilla s'aconsegueix moure axialment també els sincronitzadors i s'engranen a un engranatge diferent, per tant la relació de transmissió de l'eix de sortida de la transmissió variarà.

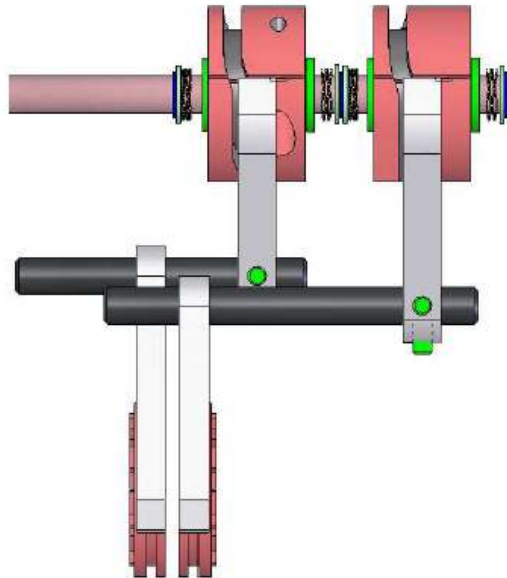


Fig. 3.2. Vista detall del sistema d'accionament i sincronització (García A.)

3.2. Famílies de components

Els components del conjunt es dividiran en famílies segons les seves característiques, ja que aquestes influiran en el procés de fabricació i les operacions que s'hauran de fer. Això comporta una sèrie d'avantatges al llarg del mateix projecte o per recolzar altres projectes. Uns exemples són la recerca de peces similars que ja estiguin dissenyades, es facilita el disseny de variants, permet l'estandardització de peces i processos, facilita la planificació del procés productiu i estandarditza les eines i útils que s'hauran d'utilitzar.

3.2.1. Forquilles

Les forquilles es poden diferenciar en dos grups segons la seva funció. Com s'ha comentat anteriorment es diferencien en forquilles seguidores i forquilles sincronitzadores o de sincronització.

Les primeres tenen una funció d'accionament del mecanisme de sincronització. Les segones també són un mitjà d'accionament, però que estan en contacte directe amb els sincronitzadors, desplaçant-los segons es requereixi.

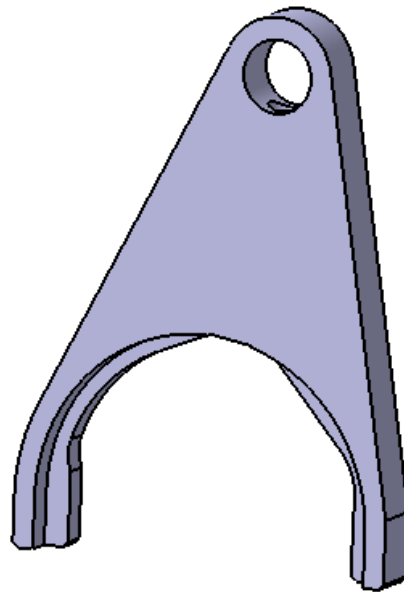


Fig. 3.3. Una de les forquilles de sincronització (Farran, E.)

Les forquilles seguidores realitzen la funció del seguidor en un mecanisme de lleves. A través d'un perfil mecanitzat en els tambors, les forquilles segueixen dit perfil i es desplacen.

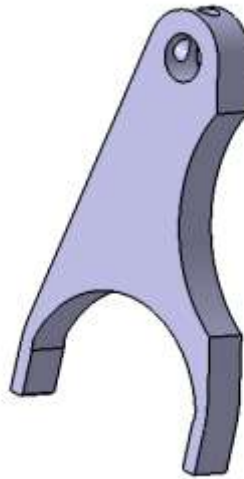


Fig. 3.4. Una de les forquilles seguidores. (Farran, E.)

Totes tenen una forma geomètrica similar. On més es diferencien és en la zona on encaixen amb els sincronitzadors. Cada forquilla està dissenyada en funció del sincronitzador que ha de desplaçar.

3.2.2. Sincronitzadors

Els sincronitzadors són 2 corones simètriques amb el forat interior estriat per poder muntar-los en els eixos on estan muntats els engranatges. A més tenen uns dentats frontals que els permeten engranar amb els engranatges de l'eix que pertanyen per poder variar les relacions de transmissió de la caixa de canvis. En les cares també tenen uns forats on van muntades les tapetes de les molles, les quals tenen les molles fixades. Això permet que hi hagi una unió mecànica entre les dues parts del sincronitzador.

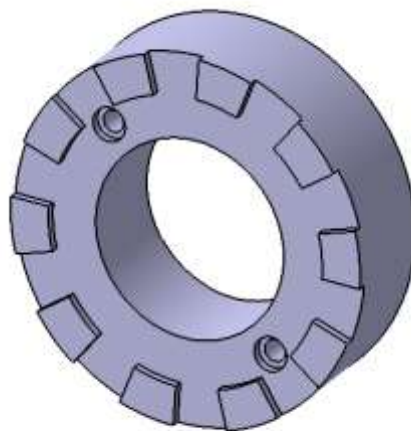


Fig. 3.1. Meitat d'un sincronitzador. (Farran, E.)

3.2.3. Eixos d'accionament

Els eixos d'accionament són unes barres calibrades de diàmetre $\varnothing 10 \text{ f7mm}$.

La forma geomètrica és una barra cilíndrica. Al llarg de l'eix hi ha uns estriats i unes xavetes que serveixen com a punts de fixació de diferents elements necessaris pel correcte funcionament del conjunt dels components.

La funció principal de l'eix d'accionament és transmetre el moviment de rotació que se li indueix als tambors o lleves desmodròmiques.



Fig. 3.5. Eix d'accionament (Farran, E.)

3.2.4. Casquets

Els casquets es diferencien en dos grups: casquets dels tambors i casquets distanciadors.

Els casquets dels tambors són peces de mecanitzat amb una funció mecànica dins del sistema d'accionament. La seva funció principal és fer que el moviment de l'eix d'accionament sigui solidari al tambor.

Els casquets dels tambors tenen un forat interior de $\varnothing 10\text{H8mm}$ per on passen els eixos. El casquet transmet el moviment de rotació de l'eix al tambor ja que aquests tres giren solidaris gràcies a la funció del casquet.

Els casquets separadors tenen la funció de mantenir a una distància fixa les plaques de suport, ja que el conjunt del canvi de marxes està subjecte a vibracions i altres moviments típics de les màquines de treball.

Són unes barres cilíndriques amb un forat interior de $\varnothing 9\text{mm}$ que separen les plaques que serveixen per cargolar-hi els suports del conjunt.

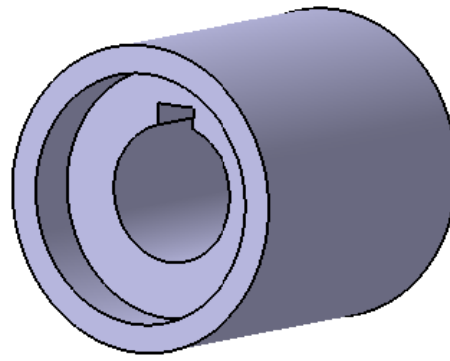


Fig. 3.6. Casquets dels tambors(Farran, E.)

3.2.5. Plaques dels suports

Aquestes plaques subjecten els diferents suports dels diferents components del conjunt. Estan fixades directament a la carcassa de la caixa de canvis i també entre si.

Són unes plaques de diferents gruixos i amb unes dimensions considerables en comparació a la resta de peces del conjunt. Tot i així la seva geometria és molt simple i fàcil d'aconseguir mitjançant tècniques de mecanitzat.

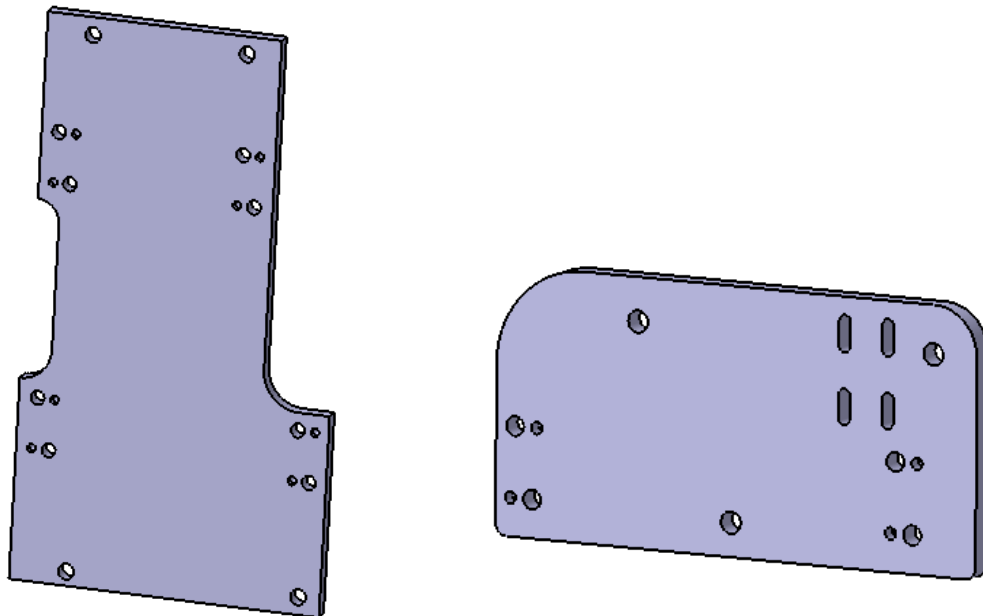


Fig. 3.7. Plaques base que funcionen com a suport de tot el conjunt (Farran, E.)

3.2.6. Suports

Subjecten el motor pas a pas, o bé els eixos d'accionament. Permeten mantenir la posició els diferents components i en permeten el correcte funcionament.

Són plaques o cubs amb alguns forats per poder cargolar-hi diferents cargols o poder-hi posar passadors o que hi passin els eixos d'accionament.

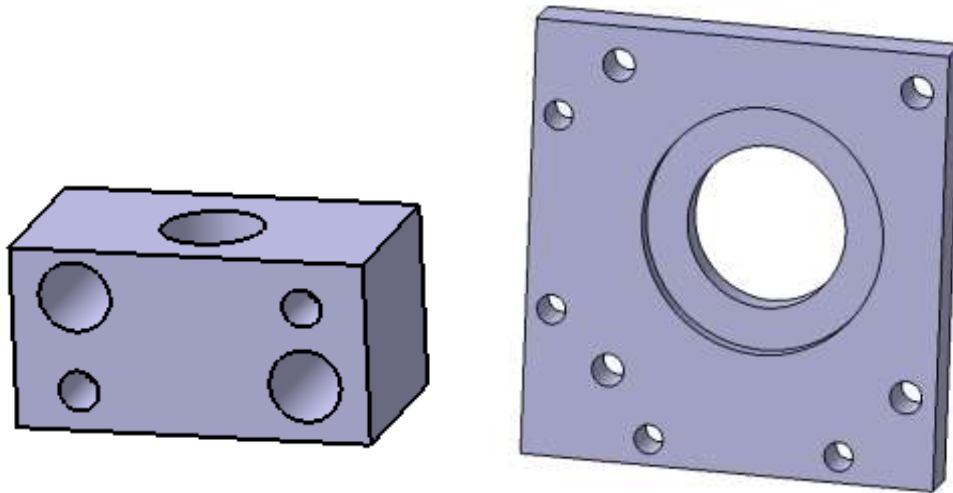


Fig. 3.8. El suport per als eixos d'accionament a l'esquerra i un dels suports per al motor pas a pas, a la dreta. (Farran, E.)

3.2.7. Tambors

Els tambors tenen la funció de transmetre el moviment de rotació de l'eix d'accionament a les forquilles. En aquesta etapa, gràcies al perfil de lleva mecanitzat en el tambor, s'aconsegueix una transformació del moviment de rotació a un de translació. Els tambors giren solidaris a l'eix gràcies als casquets de bronze.

És un cilindre amb un forat interior de diàmetre $\varnothing 22G7mm$.. La geometria més complicada és el perfil de lleva que es mecanitza en el seu contorn. És important que sigui correcte ja que en depèn el perfecte funcionament del sistema de sincronització.

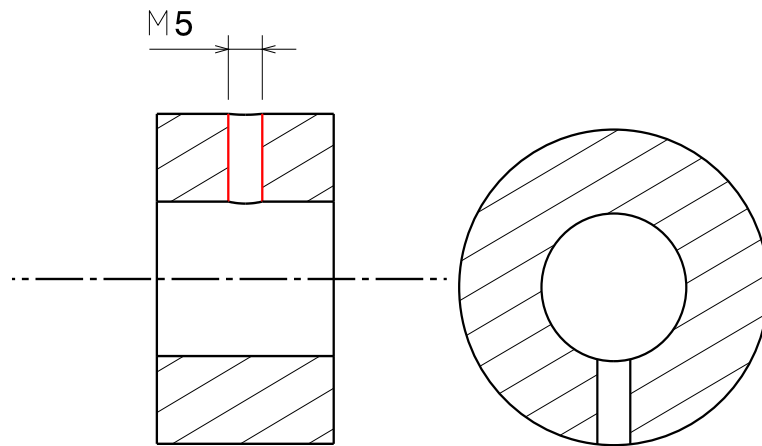


Fig. 3.9. Dues seccions dels tambors (Farran, E.)

3.2.8. Tapes molles

Les tapes de les molles es cargolen en els sincronitzadors i tenen la funció de subjectar les molles i per tant mantenir les dues parts del sincronitzador amb una unió mecànica.

Tenen forma de cargol. Tenen una cabota i una tija d'unes dimensions concretes que se'ls hi fa una petita estria per poder passar-hi els fils de les molles i poder fixar-les a les tapetes.

3.2.9. Barres accionadores

Són les barres cilíndriques que transmeten la translació d'unes forquilles a unes altres.

Són unes barres cilíndriques calibrades de $\varnothing 10 \times 7 \text{ mm}$.



Fig. 3.10. Barra accionadora (Farran, E.)

3.3. Estudi del disseny

3.3.1. Tambors

Els tambors que es plantegen en el procés de disseny del conjunt tenen una geometria per la subjecció a l'eix i al casquet bastant complexa. En la figura Fig. 3.11 es pot veure com el tambor té una ranura i un forat roscat per enroscar-hi un presoner. D'aquesta manera s'aconsegueix tancar el diàmetre interior del tambor i es fixi al casquet. Així s'assegura que el tambor i el casquet giren solidaris i no hi ha joc entre ells. Aquesta petita ranura té només 1 mm, la qual cosa la seva fabricació hauria de ser, per exemple, per electroerosió per fil, encarint el procés.

Com que hi ha altres mètodes per assegurar la funcionalitat que té la ranura en el tambor, s'ha optat per estudiar-los. Un d'ells és fer un forat radial i roscat i posar-hi un presoner. Aquest pressionarà l'eix i es complirà l'objectiu de que el tambor giri solidari a l'eix.

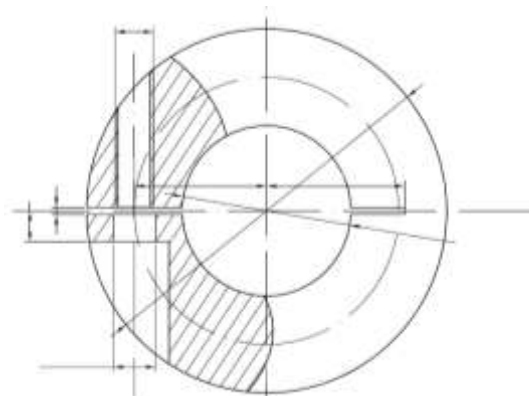


Fig. 3.11. Tambor segons la fase de disseny.(Planos-A.García)

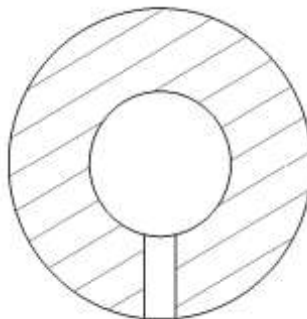


Fig. 3.12. Tambor segons les modificacions fetes en el disseny.(Farran, E.)

3.3.2. Suports eixos

Pels suports dels eixos s'ha optat per eliminar els forats en que es demanava una qualitat molt elevada, segons les toleràncies[4][3] del plànol. Amb aquesta modificació hi ha un estalvi econòmic en temps i també en recursos ja que no fa falta fabricar un utilitatge específic per realitzar els dos forats i l'escariat posterior.

S'han pogut eliminar ja que s'ha comprovat que no hi havia un ús dels forats en el muntatge del conjunt. Tot i haver eliminat aquests dos forats es garanteix la subjecció dels suports a les plaques i el correcte funcionament del conjunt.

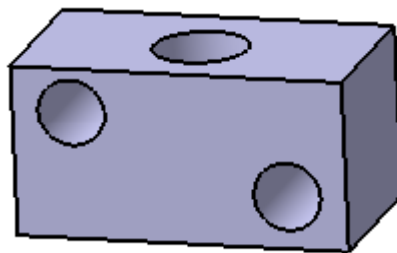


Fig. 3.13. Suports segons la modificació del disseny.(Farran,E.)

3.3.3. Plaques de suport

S'eliminaran els forats de $\varnothing 5\text{mm}$ perquè també s'han eliminat en els suports dels eixos i per tant careixen d'utilitat.

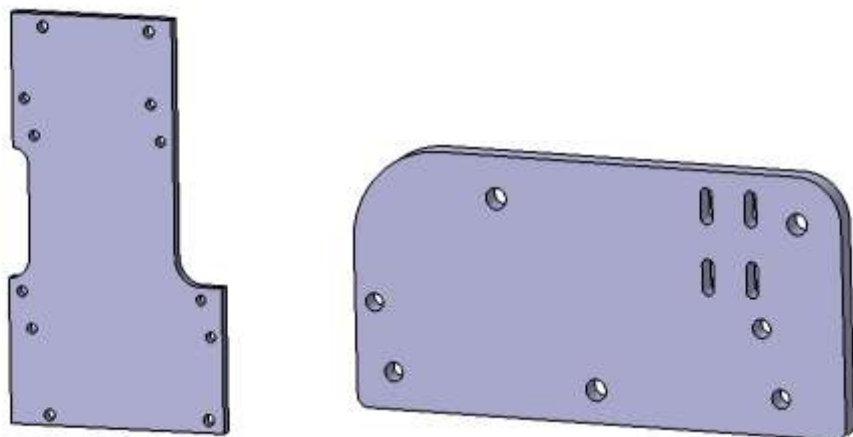


Fig. 3.14. Plaques base modificades (Farran, E.)

3.4. Disseny dels utillatges

Fent l'estudi del disseny i fent la selecció per famílies s'ha detectat la necessitat de fabricar uns utillatges perquè es pugui realitzar la fabricació de les peces sense cap mena de problema. Les famílies que necessiten els utillatges són la de les forquilles, els casquets i les plaques de suport grans. Tots els utillatges es fabricaran amb acer F1140 ja que té unes bones propietats mecàniques i a l'hora de mecanitzar és més barat que altres acers més durs i resistent.

3.4.1. Utillatges per a la família de les forquilles

En aquestes peces la complicació sorgia per poder fer el contornejat de la peça. El problema residia en la subjecció bàsicament, ja que es necessitava una manera de subjectar-la per a que es pogués fer el contorn exterior de la peça sencer. L'utillatge que es planteja aconseguir fixar la peça pel forat i el contorn inferior que s'han fet prèviament a la operació de contornejat exterior. Aquest utillatge es fixa amb una tapa i uns femelles per assegurar bé la peça. Es mostra un parell dels utillatges de la família ja que la resta són iguals amb petites variants segons les operacions.

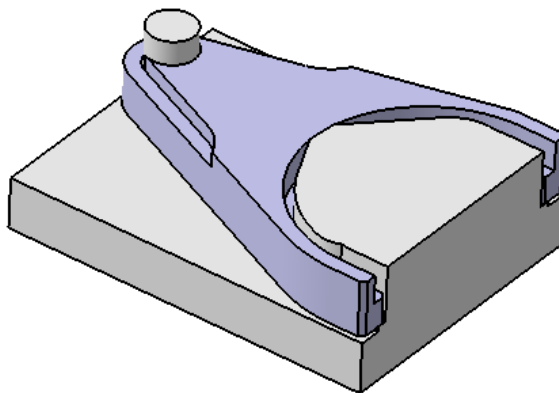


Fig. 3.15. Utillatge A11 (Farran, E.)

En la imatge anterior es pot veure com posiciona la peça l'utillatge, tal i com s'ha comentat en el paràgraf anterior.

L'altre utillatge que és necessari per les forquilles, és el que s'utilitza en el trepant. La raó principal és que per a fer aquests forats en zones corbes es necessita puntejar, o preparar les zones per poder fer el forat a posteriori. Utilitzant un utillatge amb forats guia, s'evita

haver de fer una operació prèvia de puntejat i s'assegura la posició del forat. L'utilitatge s'assegura amb tres punts de contacte perquè no es mogui mentre s'està utilitzant l'utilitatge. A més es posa una tapa per evitar que caigui, aquesta es fixa amb uns cargols i unes femelles.

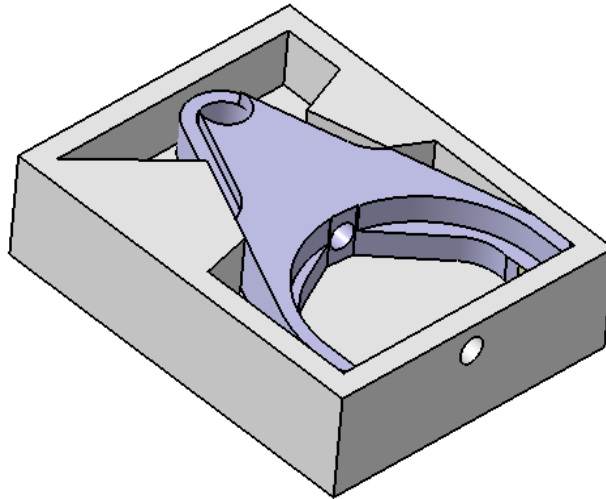


Fig. 3.16. Utilitatge A12 (Farran, E.)

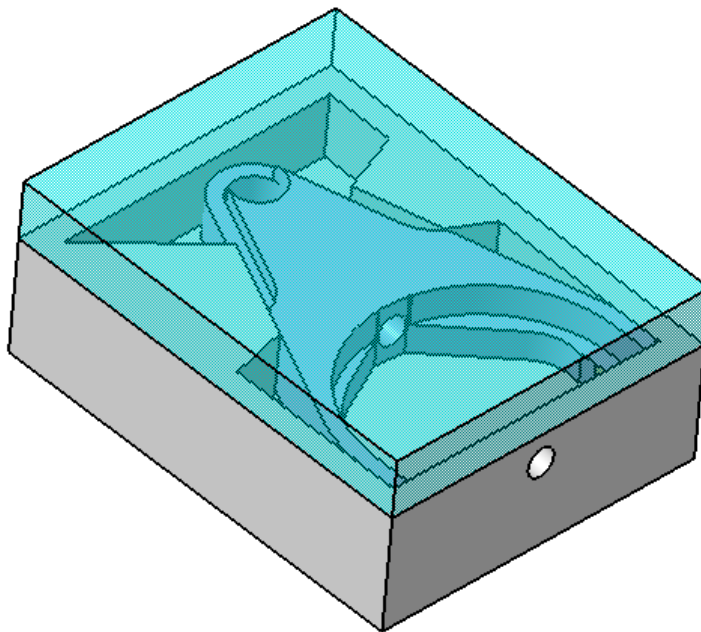


Fig. 3.17. Utilitatge A12 amb la tapa (Farran, E.)

3.4.2. Utiltatge per als Casquets

En aquestes peces el problema apareix a les fases del rectificat cilíndric. El problema és que no es pot subjectar la peça amb els mètodes normals. Per tant es dissenya un utiltatge que es pugui subjectar i que a la vegada deixi lliure la zona a rectificar. Aquest utiltatge és l'A1.

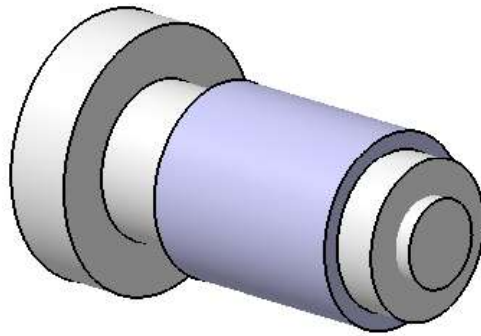


Fig. 3.18. Utiltatge A1 amb femella (Farran, E.)

Com es pot veure a la imatge anterior amb aquest utiltatge tant senzill s'aconsegueix evitar el gir de la peça amb la xaveta i posicionar-la mitjançant una petita base i la femella. Aquesta petita base i la femella són de diàmetres inferiors al diàmetre exterior del casquet perquè la mola de rectificat pugui fer l'operació en tota la peça sense que s'hagi d'intervenir en l'operació. La base principal de l'utiltatge és més gran ja que serà el punt de subjecció amb el plat del torn.

3.4.3. Utiltatges de les plaques de suport

Per aquestes plaques, succeeix el mateix que en les forquilles. El problema és fresar tot el contorn sense haver d'interrompre l'operació o assegurant la peça. S'ha fet un utiltatge seguint la idea principal de l'utiltatge per les forquilles i adaptant-lo a la geometria de les plaques.

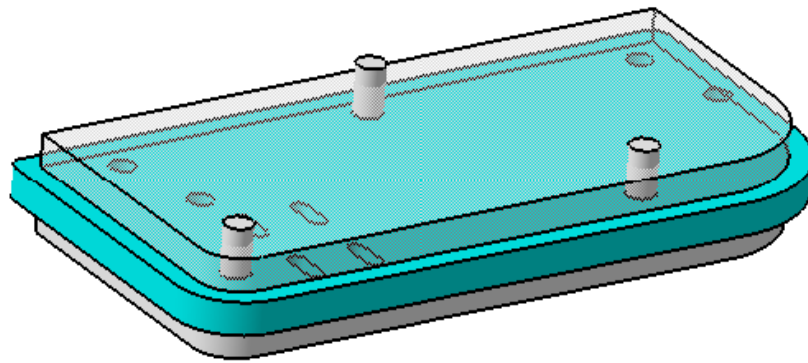


Fig. 3.19. Utillatge A7 (Farran, E.)

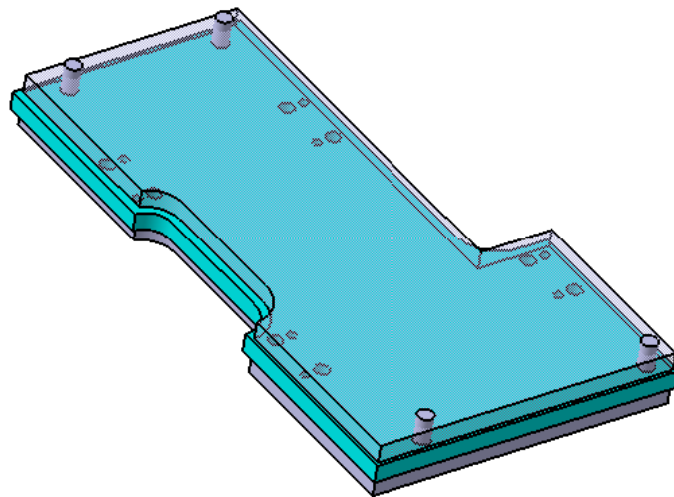


Fig. 3.20. Utillatge A6 (Farran, E.)

En la imatge anterior es pot veure com les plaques grises que són l'utillatge fan com una mena de sandvitx a la placa per poder assegurar-la a l'hora de fer el fresat del contorn. Aprofitant els forats que després s'utilitzen en el muntatge es fan uns cilindres passants amb rosca a la punta on s'hi cargolarà una femella evitant que surti la tapa i assegurant la funció de l'utillatge.

3.4.4. Utillatge per al suport del motor pas a pas 03

El que caracteritza aquesta peça és que com a última operació s'ha de fer un xamfranat de la placa. Aquesta operació es fa amb un fresat, eliminant la punta de la placa. Al ser tant petita és difícil subjectar-la. D'aquí que surti com a opció més viable, fer la subjecció amb un

utillatge. Aquest parteix de la mateixa base que els utillatges per les plaques de suport grans. Aprofitant els forats que s'utilitzen per fixar la placa en la fase de muntatge, es fan passar dos cilindres amb la punta roscada que travessen la tapa. El tercer punt de recolzament és un escaire a la part superior de la placa. D'aquesta manera queda encaixat i posicionat. La tapa de l'utillatge evitarà que caigui durant l'operació.

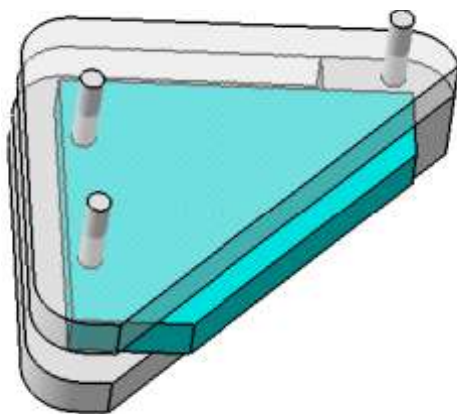


Fig. 3.21. Utillatge A8 amb femella (Farran, E.)

A la taula següent es resumeixen els utillatges que s'han dissenyat per a aquest procés.

UTILLATGE	PEÇA
A1	Casquets
A2	Forquilles seguidores Fpm i F1a
A3	Forquilles seguidores S2, S3, S4, S5
A4	Forquilles seguidores Fpm i F1a
A5	Forquilles seguidores Fpm i F1a
A6	Placa de suports gran
A7	Placa de suports B
A8	Suport motor pas a pas 03
A9	Forquilla eix 2
A10	Forquilla eix 2
A11	Forquilla eix 3
A12	Forquilla eix 3
A13	Forquilla eix 4
A14	Forquilla eix 4
A15	Forquilla eix 5
A16	Forquilla eix 5

Taula 3-1. Resum dels utillatges dissenyats

4. Procés de fabricació de les peces

4.1. Material de partida

En aquest capítol es definirà el material de partida, la forma del material amb les mides de referència i si té algun tractament tèrmic anterior o posterior. D'entrada es respectaran els materials que s'han designat en el disseny ja que un canvi de material, suposaria haver de tornar a definir les condicions mecàniques del conjunt o adaptar la geometria degut al canvi de material. Com que no és l'objectiu del projecte, es respectaran els materials designats en el disseny.

4.1.1. Sincronitzadors

En el disseny els sincronitzadors el material designat és un acer F1250 amb un tractament de bonificat. Per tant el material de partida serà un disc d'acer F1250-Bonificat amb unes mesures específiques depenent del sincronitzador. És un acer amb bones característiques mecàniques.

Acer	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Altres	Res. (N/mm ²)
F1250	0,34	-	0,75	1,05	0,22	-	-	800-950

Taula 4-1. Característiques Acer F1250

Sincronitzador	Acer	Forma	Mides (D x L) (mm)	Tractament
2	F1250	Cilíndrica	47x10	Bonificat
3	F1250	Cilíndrica	48x10	Bonificat
4	F1250	Cilíndrica	59,28x20	Bonificat
5	F1250	Cilíndrica	70x20	Bonificat

Taula 4-2. Material de partida dels sincronitzadors

4.1.2. Eixos d'accionament

Els eixos d'accionament el material de partida tal i com es defineix en el disseny, serà una barra d'acer calibrada de diàmetre 10f7. Això permet evitar el cilindrat dels eixos, encarint el procés. És un avantatge perquè són eixos força llargs i es complica el fet d'aconseguir un bon mecanitzat.

Eix	Material
Eix S4	Ø10f7x284,19
Eix S5/F1 ^a	Ø10f7x279,1
Eix S2/S3/Fpm	Ø10f7x322,03

Taula 4-3. Material de partida dels eixos d'accionament

4.1.3. Casquets

Els casquets partiran d'una barra d'acer F1140 de diàmetre 25mm. No es parteix del mateix diàmetre que té la peça final ja que els casquets tenen un ajust h6G7 amb els tambors. Per tant tenen una operació de rectificat que garantirà aquest ajust. Com que tota la peça es pot realitzar en torn i rectificadora d'eixos, no hi ha cap avantatge aparent comprant la barra calibrada a la tolerància necessària.

4.1.4. Plaques suports

Les plaques que serviran d'estructura per tot el sistema de sincronització i accionament de la transmissió seran d'un alumini aliat. Concretament seran d'alumini 3003, Al3003.

Aliatge	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Altres
3003	0,6	0,7	0,05-0,2	1-1,5	-	-	0,1	-	0,15

Taula 4-4. Composició química de l'Al 3003

Les plaques d'alumini són uns components que estan subjectes a sol·licitacions baixes. El fet de fer-les en alumini facilita el mecanitzat, ja que es pot fer més ràpid i amb un menor

consum d'energia, menor desgast d'eines i estalvi en lubricants, a més de l'avantatge de l'estalvi de pes enfront els acers.

	Material	Mesures (mm)
Placa base de suports	Al 3003	325x183x10
Placa base de suports B	Al 3003	222x110x10

Taula 4-5. Característiques del material de partida de les plaques dels suports

4.1.5. Suports

Els suports del motor pas a pas també es fabricaran en Alumini 3003 (Al3003). Les raons són les mateixes que en les plaques base dels suports. Es subministrarà en platines ja tallades a les mesures necessàries per cada peça.

Els suports dels eixos es fabricaran en Acer F1140 i el proveïdor extern les subministrarà en cubs ja mecanitzats segons les mesures especificades en al taula següent:

	Material	Forma	Mesures (mm)
Suports eixos	Acer F1140	Rectangular	45x23x24
Suport motor pas a pas 01	Al 3003	Platina	67x65x8
Suport motor pas a pas 02	Al 3003	Platina	59x57x8
Suport motor pas a pas 03	Al 3003	Platina	67x59x8

Taula 4-6. Característiques del material de partida dels suports

4.1.6. Tambors

Els tambors es fabricaran en un acer F1740. És un acer de nitruració per a diàmetres petits i

amb una elevada duresa de la superfície. Això és una característica important ja que així es reduirà el desgast del perfil de lleva i alhora, el risc d'un mal funcionament del conjunt.

Acer	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Altres	Res. (N/mm ²)	Duresa (HV)
F1741	0,34	-	0,55	1,15	0,2	-	Al 1,00	800-1000	950

Taula 4-7. Composició química de l'acer 1741

Així doncs l'acer escollit és un F1741 en barra cilíndrica de Ø50mm

4.1.7. Forquilles

Les forquilles seguidores es fabricaran amb un acer F1140. És un acer al carboni d'ús genèric per a peces amb una resistència mitja d'entre 650-800 N/mm². Es subministraran amb plaques segons les mesures especificades en les taules següents.

Acer	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Altres	Res. (N/mm ²)
F1140	0,45	-	0,65	-	-	-	-	650-800

Taula 4-8. Composició química Acer F1140

Forquilles Seguidores	Material	Mesures (mm)
S2/S3	F1140	65x55x10
S4/S5/F1^a	F1140	65x55x10
Fpm	F1140	95x60x10

Taula 4-9. Característiques material de partida de les forquilles seguidores

Forquilles Eixos	Material	Mesures (mm)
S2	F1740	85x57x7,8
S3	F1740	80x60x11
S4	F1740	88x70x11
S5	F1740	110x85x11

Taula 4-10. Material de partida de les forquilles dels sincronitzadors

4.2. Estudi d'alternatives en els processos de fabricació

En aquest apartat es valorarà la relació entre màquines i operacions a realitzar al llarg del procés de fabricació.

4.2.1. Sincronitzadors

En els sincronitzadors es donen diferents operacions de tornejat. Són els següents:

- Escairar
- Cilindrar
- Foradar
- Mandrinar
- Ranurar
- Escairar amb eina motoritzada

Les operacions d'escairar, cilindrar, foradar i mandrinar són operacions típiques del torn.

L'opció de fer el ranurat intern dels sincronitzadors es podria valorar fer-ho amb una brotxadora, amb el torn o amb electroerosió.

L'electroerosió per penetració no és un mètode usual per a generar estriats interiors en processos en sèrie. Es necessitaria una inversió en elèctrodes de coure, per exemple, que es gasten ràpidament. A més a més s'hauria de gestionar els residus generats. Com a

avantatge cal dir que no cal fer un forat previ com en els casos del brotxat, ranurat amb torn o electroerosió per fil.

L'electroerosió amb fil presenta l'avantatge que és un mètode molt flexible per a sèries curtes. No obstant, és un procés lent.

El ranurat mitjançant el torn és un procés més lent i poc eficient.

- Avantatges:
 - S'evita el canvi de màquina. Menys temps de cicle degut a la preparació de la màquina i la intervenció d'un operari.
- Desavantatges:
 - Durabilitat de l'eina. Perquè sigui més llarga la vida de l'eina s'hauria d'augmentar el temps de cicle (menys velocitat)
 - Precisió de les geometries
 - Acabat de les superfícies
 - Es sotmet al torn a sol·licitacions no aconsellables

El brotxat es un procés molt eficient i econòmic molt utilitzat en sèries llargues:

- Temps de cicle més reduïts
- Precisió i repetitivitat del procés
- Millors superfícies d'acabat
- Llarga vida útil de l'eina
- Màquina simple, manteniment simple
- Competitiu amb costos en front altres processos

S'escull el brotxat com a alternativa més viable.

4.2.2. Eixos d'accionament

En els eixos d'accionament es donen un parell d'operacions de ranurat. Aquestes són operacions típiques per al torn i fresadora. S'hi donen dos tipus de ranurats:



- Ranurat radial: ranures on es disposaran els circlips. Torn.
- Ranurat axial: ranures per col·locar les xavetes que retindran els casquets. Fresadora.

En aquest cas en el disseny ja es va considerar que el material de partida fos la barra calibrada de $\varnothing 10f7$. Així s'eviten unes operacions en que tenia dos inconvenients principalment: la subjecció de la peça i el temps de cicle. La peça s'ha de subjectar molt bé per tal de que durant el procés de cilindrat no vibri o flecti. Tal cosa podria provocar desviacions en l'eix que afectarien al funcionament del conjunt mecànic. Per altra banda, per evitar tals vibracions s'hauria de reduir la velocitat de tall de la peça, l'avanç i la profunditat per no generar forces massa grans que poguessin produir les anomalies citades anteriorment.

Les diferents opcions que es tenen per fer les ranures radials són amb un ranurat amb torn o un fresat. S'escull fer el ranurat amb torn perquè és un procés robust, ràpid i que utilitza unes eines estàndard per a circlips, la qual cosa abarateix el procés i el fa més ràpid.

Les ranures axials s'han de fer mitjançant un fresat o amb eina motoritzada.

4.2.3. Casquets

En els casquets es duen a terme les següents operacions :

- Cilindrat
- Escairat
- Foradat
- Mandrinat
- Escariat
- Ranurat
- Rectificat

Per les operacions de cilindrat, escairat, foradat, escariat i mandrinat es faran en un torn.

Per fer la ranura que allotjarà la xaveta de l'eix d'accionament s'han valorat tres possibles vies per al mecanitzat d'aquesta part del casquet: Torn, brotxadora o electroerosió. Tal i com s'ha explicat en el ranurat dels sincronitzadors, l'escull fer-ho mitjançant el procés de brotxat.

4.2.4. Plaques suports

Per a les plaques de suport principals del conjunt hi ha les següents operacions:

- Foradar
- Roscar
- Contornejar

En aquest cas l'opció d'una fresadora o un centre de mecanitzat vertical que realitzi les diferents operacions és la més factible ja que s'agrupen els processos en una sola màquina reduint així el temps de cicle.

4.2.5. Suports

Per als suports les operacions són operacions bàsicament de fresat i trepanat. Els forats grans i els rebaixos es faran amb fresa, els forats petits amb broca. S'escull fer-ho en el centre de mecanitzat per agrupar operacions i fer més curt el temps de cicle.

4.2.6. Tambors

Les operacions que es realitzen per la fabricació dels tambors es faran íntegrament en el torn. Les operacions de foradar i roscar es podrien fer en un trepant, però si es fan en el torn s'escurça el temps de cicle, estalviant també en costos de producció.

4.2.7. Forquilles

Tenen operacions de foradat, roscat, escariat i fresat. Els únics que presenten alguna possibilitat d'estudi d'alternatives són els forats laterals. Aquests es poden fer en el centre de mecanitzat o bé fent una operació de trepanat manual amb forats guia.

L'operació amb la fresa es complicaria bastant a l'hora d'utilitzar utilitatges específics que assegurin la posició. Al ser una operació senzilla i ràpida, es descarta aquesta alternativa. L'opció de fer-ho amb els forats guia implica fer el disseny d'un utilitatge especial, però és molt més ràpid. El trepant utilitzat també haurà de disposar de sistema de roscatge, per agrupar operacions i reduir així els temps de cicle.

4.3. Components de fabricació subcontractada

4.3.1. Tapes de molles

Les tapes de les molles són unes peces que en si no presentarien cap tipus de problema en la fabricació si no fos per la petita ranura que tenen de tan sols 1mm. L'opció més factible assegurant una repetibilitat del procés, seria fer-ho mitjançant l'electroerosió per fil. El fet de tenir aquesta màquina només per una operació en una peça no és rentable, d'aquí a que es derivi la producció a una empresa externa.

4.3.2. Barres accionadores

Les barres accionadores es rebran ja tallades des de la mateixa empresa on es compraran. Són barres de $\varnothing 10f7$ i tallades segons les especificacions que es donaran a l'empresa subcontractada.

4.4. Components de compra

Com a components de compra hi haurà els diferents elements de fixació com ara els circlips, volanderes, femelles, espàrrecs, casquets distanciadors, cargols i presoners. També es compraran les molles que s'utilitzen en els tambors i les forquilles.

El motor pas a pas també serà comprat a un proveïdor extern. Aquest serà de la mateixa marca i model que es defineix en el disseny. Les politges i cintes també seran del mateix proveïdor que dicta el projecte de disseny.

4.5. Descripció del procés de fabricació

En aquest apartat es descriuran els processos de fabricació de una peça de cada família.

Les plaques de suport i els suports motor que apareixen en famílies diferents en l'apartat Famílies de components es tractaran com una mateixa família en aquest apartat.

4.5.1. Forquilles

En aquest cas s'escullen les forquilles de sincronització ja que són més complexes que les seguidores. En concret és la Forquilla eix 3.

Fase 010: Foradar i fresar

En aquesta fase es farà el forat més gran de la forquilla de diàmetre $\varnothing 10\text{mm}$. Es farà al centre de mecanitzat ja que així s'uneix aquesta operació, que es podria fer al trepant, amb les de fresat del contorn inferior. La subjecció es fa amb una mordassa.

Fase 020: Fresat

En aquesta fase es segueix utilitzant el centre de mecanitzat. L'operació que es fa és un fresat del contorn superior de la peça i un rebaix a la part inferior. La subjecció es fa amb una mordassa.

Fase 030: Fresat

Es fa un fresat de tot el contorn per donar-li la forma final a la forquilla. Es segueix utilitzant el centre de mecanitzat per aquesta operació. En aquesta fase s'utilitza un utillatge, l'A11, per poder realitzar el fresat.

Fase 040: Foradat i roscat

En aquesta fase es canvia al trepant/roscadora i es fan els forats per posar els presoners i el cilindre que desplaçarà els sincronitzadors, respectivament. La subjecció de la peça es fa amb l'utilatge A11.

4.5.2. Sincronitzadors

S'escull el procés de fabricació del sincronitzador 2. No hi ha cap diferència significativa amb la resta dels sincronitzadors, només les pròpies dimensions de cada un d'ells. La peça es fa al torn, excepte l'última fase que es fa a la brotxadora.

Fase 010: Varies operacions

En aquesta fase primerament es fa un escairat del material de partida, que és un disc. Es subjecta amb unes garres toves. Després de l'escairat es fa un forat i el posterior mandrinat. Després es fan els cinc forats petits on aniran les tapes de les molles. Es fa un rebaix a cada un dels cinc forats, mandrinant. Després amb una eina motoritzada, es fresen els sortints que serveixen per engranar les diferents marxes.

Fase 020: Tornejat

Es gira la peça, fixant-la de nou amb les garres toves. Es fa un escairat de la cara posterior i un cilindrada. El cilindrada crea un rebaix en la cara posterior.

Fase 030: Ranurat intern

Es porta la peça a la brotxadora i es fa el ranurat intern amb una brotxa que té el perfil de les dents segons els plànols de disseny.

4.5.3. Eixos

Per a aquesta família es descriurà, coma exemple, el procés de l'eix S4.

Fase 010: Ranurat

Es fixa l'eix al torn amb una pinça i el portapinces. Es fan les quatre ranures del costat de la xaveta més llarga. Aquesta fase es fa al torn.

Fase 020: Ranurat

Es gira la peça, es torna a fixar amb la pinça i el portapinces. A continuació es fa el ranurat de les altres quatre ranures per circlips.

Fase 030: Fresat

En aquest cas es porta la peça al centre de mecanitzat per poder fer la ranura. Es fa un fresat d'aquesta amb una fresa més petita que l'ample de la ranura. Això es fa per poder aconseguir les toleràncies de disseny. Es fixa de la mateixa manera que en les fases anteriors.

Fase 040: Fresat

Es gira la peça i es fixa un altra vegada. El procés és igual que la fase anterior.

4.5.4. Casquets i tambors

Es descriurà el procés dels casquets ja que inclou unes fases de rectificat que és en l'única peça on s'aplica aquesta operació. Els tambors la diferencia principal que tenen amb els casquets és que se li fa una operació de ranurat amb una eina motoritzada per crear el perfil de lleva dissenyat. Es descriurà el procés dels Casquets S2, S3, S4 i S5.

Fase 010: Operacions de torn

En aquesta fase es comença fixant la peça amb una pinça la barra cilíndrica de diàmetre 25mm. S'escaira un tros de barra, per eliminar material brut. Posteriorment es fa un cilindrat a un diàmetre més gran que el de disseny ja que posteriorment s'ha de rectificar. Es fa el forat central i s'escaria per donar-li l'acabat que especifica disseny. Es fa un mandrinat per fer un rebaix al casquet. Posteriorment es sega la part posterior a 27mm perquè quedi material per treballar-hi després.

Fase 020: Escairar i mandrinar

Es fa un escairat fins a tres dècimes de la dimensió de disseny i es fa el mateix rebaix que abans, en aquesta cara.

Fase 030: Ranurat

Es porta la peça a la brotxadora i es fa la xaveta.

Fase 040: Rectificat

Es porta la peça a la rectificadora plana i es rectifica la cara superior fins a dos dècimes de la cota nominal.

Fase 050: Rectificat final

Es gira la peça, es fixa amb la plata magnètica i es procedeix a fer el rectificat. Ara si que es deixa a la cota nominal comprovant posteriorment que està dins de toleràncies.

Fase 060: Rectificat cilíndric

Es fixa la peça amb l'utilitatge A1 que manté el casquet a l'aire. D'aquesta manera es pot fer el rectificat cilíndric fins a arribar a la cota de disseny.

4.5.5. Plaques de suports i suports motor pas a pas

En aquest punt la peça que més exemplifica aquestes famílies és la placa suport B. Ja que té una operació extra que és el fresat de unes ranures.

Fase 010: Foradar i ranurar

Aquesta peça es fa íntegrament al centre de mecanitzat. Es fan els forats B i C segons el plànol. Es rosquen els forats C i es fresen les 4 ranures amb una fresa més petita per respectar les toleràncies de disseny.

Fase 020: Contornejat

Es fixa la peça amb l'utilitatge A7 i es fresa el contorn de la peça.

5. Temps de cicle per peça i estudi de capacitats

El càlcul dependrà del temps de cicle per cada peça i com aquest influeix a les diferents màquines on es fabrica la peça. Per definir la quantitat de màquines que es necessiten per aquest procés s'utilitza la següent equació:

El temps de cicle per màquina[2] vindrà definit pel temps de cicle de les peces i quantes peces per conjunt hi hagi. El temps de cicle per peça es calcula a partir de l'expressió:

$$t_c = t_p + t_i + t_t + t_{ce} \cdot \frac{t_t}{T} \quad (\text{Eq. 5.1})$$

On:

t_c , temps de cicle

t_p , temps de preparació de màquina

t_i , temps improductiu

t_t , temps de tall

t_{ce} , temps de canvi d'eina

T , temps entre afilat de l'eina

Per obtenir t_p, t_i, t_{ce} s'estimen uns valors depenent de les condicions de tall de l'operació. El temps entre afilats de l'eina ve definit pel fabricant.

Per als temps improductius s'han estimat uns temps estàndard entre operacions de 2s que es el que tarda a fer un moviment d'aproximació o allunyament l'eina. Això s'ha representat per igual en totes les operacions. Aquests temps afecten al còmput global dels temps improductius, t_i , que es produeixen al fabricar una peça.

Per als temps de canvi d'eina, t_{ce} , s'ha suposat que la màquina pot fer un canvi d'eina amb 30s afegint els moviments d'aproximació a la torreta i d'allunyament.

Per definir els temps de preparació, t_p , de màquina s'ha estimat en funció del nombre d'operacions que ha de fer la màquina, ja que s'hauran de preparar més o menys eines a la torreta d'eines i variarà el procés de preparació. Així doncs s'ha estimat un temps més alt

com més operacions s'han de realitzar.

Els temps de tall es calculen depenent de les operacions que es fan per fabricar la peça. Cada operació té una sèrie d'equacions amb les quals es pot aconseguir determinar el temps de tall per cada una d'elles. Les equacions són les següents:

5.1. Tornejar

Per a calcular el temps de cicle del tornejat s'utilitza la següent expressió:

$$t_t = \frac{L [mm]}{a \left[\frac{mm}{rev} \right] \cdot n [rpm] \cdot \left[\frac{min}{60s} \right]} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

On:

L, és la longitud

a, és l'avanç

n, són les voltes per minut del torn

Per a calcular la n s'utilitza la següent equació:

$$n = \frac{1000 \left[\frac{mm}{m} \right] \cdot V_t [m/min]}{\pi \cdot \varnothing [mm]} \quad (\text{Eq. 5.3})$$

On:

V_t , és la velocitat de tall recomanada pel fabricant

\varnothing , és el diàmetre inicial de la peça a tornejar

5.2. Fresat

Per al càlcul de temps de cicle en el fresat s'utilitza la següent expressió:

$$t_t = \frac{L [mm]}{a_v \left[\frac{mm}{rev} \right] \cdot n [rpm] \cdot \left[\frac{min}{60s} \right]} \quad (\text{Eq. 5.4})$$

On:

L , és la longitud

a_v , és l'avanç per volta

n , són les voltes per minut de l'eina

Per obtenir a_v es necessita saber l'avanç per dent que ens recomana el fabricant i saber les dents que té la fresa escollida. Amb aquests dos paràmetres i seguint la següent expressió es pot obtenir l'avanç per volta:

$$a_v = a_z \cdot Z \quad (\text{Eq. 5.5})$$

On:

a_z , és l'avanç per dent

Z , són el nombre de dents de la fresa

Per a obtenir les voltes per minut de l'eina s'utilitza la següent equació:

$$n = \frac{1000 \left[\frac{mm}{m} \right] \cdot V_t [m/min]}{\pi \cdot \varnothing [mm]} \quad (\text{Eq. 5.6})$$

On:

V_t , és la velocitat de tall recomanada pel fabricant

\varnothing , és el diàmetre de la fresa

5.3. Trepanat

Per a calcular el temps de cicle de l'escairat s'utilitza la següent expressió:

$$t_t = \frac{L [mm]}{a \left[\frac{mm}{rev} \right] \cdot n [rpm] \cdot \left[\frac{min}{60s} \right]} \quad (\text{Eq. 5.7})$$

On:

L , és la longitud a foradar

a , és l'avanç per volta

n , són les voltes per minut de l'eina

Per a calcular la n s'utilitza la següent equació:

$$n = \frac{1000 \left[\frac{mm}{m} \right] \cdot V_t [m/min]}{\pi \cdot \varnothing [mm]} \quad (\text{Eq. 5.8})$$

On:

V_t , és la velocitat de tall recomanada pel fabricant

\varnothing , és el diàmetre de l'eina

A l'hora de fer l'operació de trepanar s'ha de tenir en compte la punta de la broca al definir la longitud, ja que el forat serà una mica més profund del necessari degut a aquest factor. La punta de la broca es calcula sabent l'angle de la punta mateix i el diàmetre.

$$L_{forat} = L_{nom} + \frac{\varnothing_b [mm]}{2} \cdot \tan\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right) \quad (\text{Eq. 5.9})$$

On:

L_{forat} , és la longitud del forat després d'haver tingut en compte la punta de la broca

L_{nom} , la longitud de disseny del forat

\varnothing_b , és el diàmetre de la broca

α , angle de la punta de la broca que ve donat per fabricant

5.4. Rectificat cilíndric

Per a calcular el temps de cicle del rectificat s'utilitza la següent expressió:

$$t_t = \frac{L [mm]}{a \left[\frac{mm}{rev} \right] \cdot n [rpm] \cdot \left[\frac{min}{60s} \right]} \quad (\text{Eq. 5.10})$$

On:

L, és la longitud

a, és l'avanç

n, són les voltes per minut de la mola

Per a calcular la n s'utilitza la següent equació:

$$n = \frac{1000 \left[\frac{mm}{m} \right] \cdot V_t [m/min]}{\pi \cdot \varnothing [mm]} \quad (\text{Eq. 5.11})$$

On:

V_t , és la velocitat de tall recomanada pel fabricant

\varnothing , és el diàmetre inicial de la peça a rectificar

5.5. Rectificat pla

Per a calcular el temps de cicle del rectificat pla s'utilitza la següent expressió:

$$t_t = \frac{L [mm] \cdot B [mm] \cdot s [mm]}{a \left[\frac{mm}{rev} \right] \cdot V_t \left[\frac{m}{min} \right] \cdot p [mm] \cdot \left[\frac{1000 mm}{m} \right]} \quad (\text{Eq. 5.12})$$

On:

L , és el recorregut longitudinal

a , és l'avanç transversal

B , és el recorregut transversal

V_t , és la velocitat de la taula

s , és el gruix de material a eliminar

p , és la profunditat de passada

5.6. Brotxat

Per a calcular el temps de cicle del brotxat s'utilitza la següent expressió:

$$t_t = \frac{L \text{ [mm]}}{V_t \left[\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]} \quad (\text{Eq. 5.13})$$

On:

L , és la longitud total de la brotxa més la peça

V_t , és la velocitat de l'eina

Per a calcular la L s'utilitza la següent equació:

$$L = L_{bro} + L_p \quad (\text{Eq. 5.14})$$

On:

L_{bro} , és la longitud útil de la brotxa

L_p , és la longitud de la peça

Amb les equacions anteriors, les condicions de tall segons les eines seleccionades i la geometria que defineix el disseny, es poden obtenir els temps de tall per cada una de les peces.

Sabent tots els temps que afecten a la fabricació de cada una de les peces ja es pot calcular el temps de cicle. A continuació es mostra un resum dels temps de cicle per peça i en quines màquines influeix aquest.

Peça	Temps de cicle (s)	Màquines
Casquets Fpm i F1a	168,78	Torn, Brotxadora, Rectificadores
Casquets S2, S3, S4, S5	175,30	Torn, Brotxadora, Rectificadores
Eix S4	33,2	Torn i centres mecanitzat
Eix S2-S3 Fpm	65,79	Torn i centres mecanitzat
Eix S5 F1a	79,95	Torn i centres mecanitzat
Forquilla seguidora Fpm	76,45	Centres mecanitzat
Forquilla seguidora S2 S3	70,93	Centres mecanitzat
Forquilla seguidora S4 S5	70,93	Centres mecanitzat
Placa base suport	79,86	Centres mecanitzat
Placa base suport B	65,58	Centres mecanitzat
Suport eixos	113,73	Centres mecanitzat
Suport motor pas a pas 01	20,78	Centres mecanitzat
Suport motor pas a pas 02	17,88	Centres mecanitzat
Suport motor pas a pas 03	16,99	Centres mecanitzat
Tambors S2, S3, Fpm	91,26	Torns
Tambors S4, S5, F1a	91,26	Torns
Forquilla eix 2	135,28	Centres mecanitzat
Forquilla eix 3	144,47	Centres mecanitzat
Forquilla eix 4	144,83	Centres mecanitzat
Forquilla eix 5	159,99	Centres mecanitzat
Sincronitzador 2	129,56	Torn, brotxadora
Sincronitzador 3	141,36	Torn, brotxadora
Sincronitzador 4	165,46	Torn, brotxadora
Sincronitzador 5	137,72	Torn, brotxadora

Taula 5-1. Taula resum dels temps de cicle per peça

Un cop es saben els temps de tall i els temps de cicle, aquests s'utilitzaran per calcular la necessitat de maquinaria que tindrà la planta. Per al càlcul es necessitaran els temps de tall que afecten a cada tipus de màquina i utilitzar-lo en l'equació 5.15. A continuació es mostra una taula resum amb les necessitats per cada màquina. Es consideren 2 torns de 8 hores cada un i 220 dies laborables anuals. El lot anual és de 21000 conjunts. El rendiment de les màquines s'estima que esta entorn al 80%.

$$NM = \frac{t_{cicle\ maq.} \left[\frac{h}{conjunt} \right] \cdot lot\ anual \left[\frac{conjunts}{any} \right]}{hores\ torn \left[\frac{h}{torn} \right] \cdot dies\ laborables\ any \left[\frac{dies}{any} \right] \cdot torns\ al\ dia \left[\frac{torns}{dia} \right] \cdot r} \quad (Eq. 5.15)$$

	Temps de cicle (s)	Necessitat maquinaria
Torns	1898,58	4
Brotxadora	434,71	1
Centre mecanitzat	1684,02	4
Trepant	240,24	1
Rectificadora Plana	351,08	1
Rectificadora cilíndrica	309,34	1

Taula 5-2. Màquines necessàries

També es calcula la necessitat d'operaris directa tenint en compte el temps de muntatge. S'ha estimat que aquests temps pot oscil·lar entorn les 5 hores ja que es completament manual. Amb la següent expressió es calcula la necessitat d'operaris segons els temps de cicle de la màquina i el temps de muntatge.

$$NOD = \frac{t_c \left[\frac{h}{conjunt} \right] \cdot lot\ anual \left[\frac{conjunts}{any} \right]}{hores\ torn \left[\frac{h}{torn} \right] \cdot dies\ laborables\ any \left[\frac{dies}{any} \right] \cdot num.\ torns\ al\ dia \left[\frac{torns}{dia} \right]} \quad (Eq. 5.16)$$

Necessitat d'operaris	
Temps de cicle per conjunt (h/conjunt)	1,37
Temps muntatge calculat	5
Torns	2
Hores per torn(h/torn)	8
Dies laborables (dies/any)	220
Lot anual (conjunts/any)	21000
Necessitat operaris directes (NOD)	37,979601
Operaris	38,00

Taula 5-3. Necessitats de mà d'obra directa

6. Procés de muntatge

Pel procés de muntatge es definiran varies estacions on es faran l'acoblament de diferents parts del conjunt. S'intentarà fer acoblaments de els diferents subconjunts que hi ha dins del conjunt principal. Hi haurà dos grups molt clars que seran el conjunt d'accionament i el conjunt de sincronització+caixa de canvis. Dins d'aquests es definiran uns subconjunts que seran els que alhora definiran les estacions de muntatge de tot el procés. Els subconjunts són els següents:

- Subconjunt 1 (Accionament): Per cada sincronitzador es farà una estació de muntatge. El motiu principal és que l'acoblament de les molles amb les tapes de les molles que serveixen per mantenir units els sincronitzadors, és un procés força lent.

Els elements per cada subestació seran:

- Sincronitzador 2(S2)+tapes+molles+forquilla sincronització S2
- S3+tapes+molles+forquilla S3
- S4+tapes+molles+forquilla S4
- S5+tapes+molles+forquilla S5
- Subconjunt 2 (Accionament): Suports motors pas a pas+motor
- Subconjunt 3 (Accionament): Casquets+Tambors
- Subconjunt 4 (Accionament): Eix S4+Suports eixos+Elements subjecció
- Subconjunt 5 (Accionament): Eix S5F1a+Suports eixos+Elements subjecció
- Subconjunt 6 (Accionament): Eix S2S3Fpm+Suports eixos+Elements subjecció
- Subconjunt 7 (Sincronització+caixa): Unió de les barres accionadores amb conjunt forquilles-sincronitzadors

Per cada subconjunt hi haurà una estació de muntatge i si s'aplica, subestacions. Posteriorment es definiran estacions de muntatge dels diferents subconjunts, fins a obtenir el conjunt complet.

El muntatge serà completament manual amb les eines necessàries per muntar les peces i els

conjunts. El disseny prové d'una fase prototip en que s'ha millorat el funcionament, però no s'ha pensat en una posterior fase de fabricació, per tant el disseny fa difícil moltes vegades implementar una cadena de muntatge on hi pugui intervenir robots o braços robotitzats i que facin els muntatges. Per tant es definiran uns operaris que seran els encarregats de muntar els subconjunts.

6.1. Estació 1: Subconjunt 1

En aquesta estació se'n derivaran quatre subestacions, una per cada conjunt sincronitzador.

En l'estació 1.1 es realitzarà el muntatge del Sincronitzador 2. Es tindran dues tapes pels molles. Una vindrà prèviament muntada des de proveïdor amb la molla per evitar el muntatge a la planta i reduir el temps total de muntatge. En aquest sincronitzador hi ha 5 forats, per tant 10 tapes de molles. Els que prèviament ja s'han muntat amb els molles seran els primers d'acoblar a una de les dos meitats dels sincronitzador. Un cop introduït es fa passar la molla pel forat de l'altra meitat del sincronitzador i es fixa la molla a l'altre tap. D'aquesta manera la molla ha de travessar pels forats de les meitats del sincronitzador i els dos taps inserits en els forats. Finalment se li uniran les forquilles de sincronització les qual se'ls unirà prèviament un casquet en el forat on es col·locarà la barra accionadora. Aquest anirà fixat amb un parell de presoners. En les demés subestacions es farà el mateix amb els altres sincronitzadors. Depenent dels forats es tindran més o menys taps per subestació.

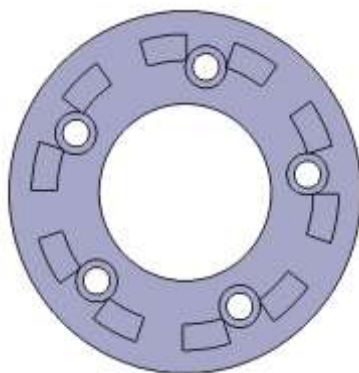


Fig. 6.1. Vista frontal dels sincronitzadors ja muntats, els forats han de coincidir perfectament per un muntatge correcte (Farran, E.)

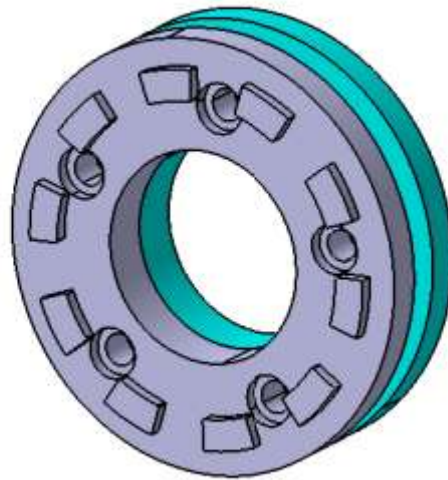


Fig. 6.2. Vist de les dos parts del sincronitzador muntades (Farran, E.)

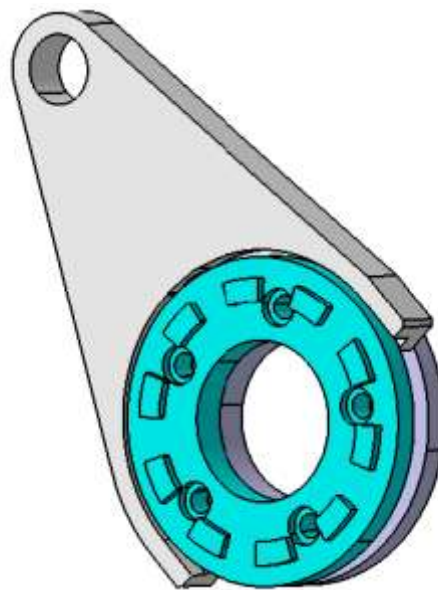


Fig. 6.3. Forquilla + sincronitzadors (Farran, E.)

6.2. Estació 2: Subconjunt 2

Per al subconjunt 2 es muntaran entre si les diferents plaques de suport del motor pas a pas. Les tres plaques s'uniran entre si amb cargols. Finalment s'hi acobla el motor pas a pas amb uns cargols que uniran les plaques amb els suports del motor.

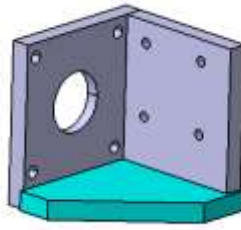


Fig. 6.4. Muntatge dels suport motor pas a pas (Farran, E.)

6.3. Estació 3: Subconjunt 3

En aquesta estació de muntatge s'uniran els casquets amb els tambors. La unió es amb ajust i també a través d'un presoner.

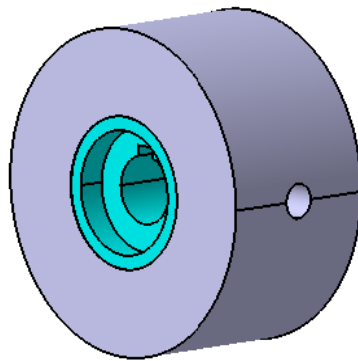


Fig. 6.5. Muntatge dels casquets amb els tambors (Farran, E.)

6.4. Estació 4: Subconjunt 4

En aquesta estació s'acoblaran l'eix S4 amb dos suports per a l'eix que es cargolaran posteriorment a les plaques de suport. També s'hi introduiran uns circlips i unes volanderes per definir la posició. Als suports dels eixos s'hi introduiran els cargols Allen, les volanderes i les femelles respectives per poder fixar posteriorment el subconjunt a les plaques de suport. Es muntarà per una banda l'engranatge que engrana amb el motor pas a pas i la politja que s'encarregarà de la transmissió del parell del motor als altres eixos. També es posaran unes volanderes, els circlips i unes molles que serviran per posicionar els subconjunts de casquets-tambors lleva .

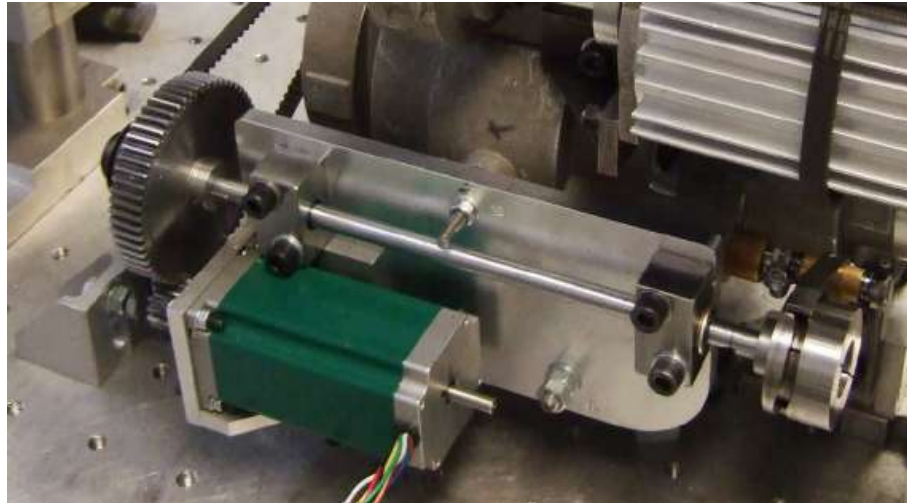


Fig. 6.6. Muntatge dels eixos amb els suports. També es pot veure el muntatge dels suports del motor i del subconjunt casquet-tambor. (Memoria-A.García)

6.5. Estació 5: Subconjunt 5

Es seguirà el mateix procediment que en l'estació 4 però en aquest cas no farà falta muntar-hi l'engrenatge. Per fixar les politges de transmissió es posarà una volandera i un circlip per banda per tal de fixar la posició. Les politges es munten al mig i a l'extrem de l'eix per poder dur a terme la transmissió.

6.6. Estació 6: Subconjunt 6

En aquest eix es muntarà una politja al mig perquè es pugui transmetre el moviment de l'eix S5F1a a aquest, el S2S3Fpm. A més es deixarà igualment preparat per fixar-hi els suports dels eixos i els demás elements per muntar-hi els subconjunt dels casquets-tambors.

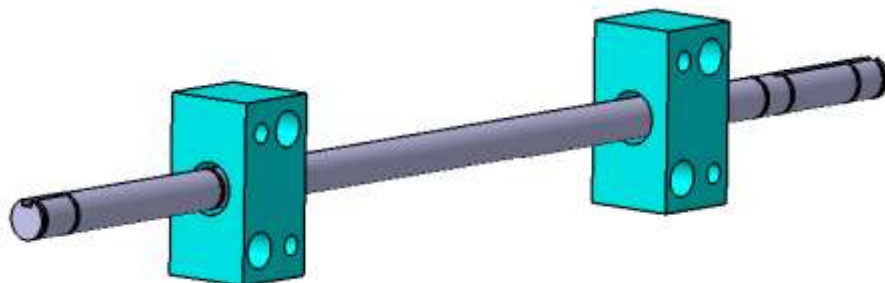


Fig. 6.7. Muntatge dels eixos amb els suports dels eixos (Farran, E.)

6.7. Estació 7: Subconjunt 7

En aquesta es farà l'acoblament dels sincronitzadors amb la resta de la caixa de canvis. Prèviament s'unirà el subconjunt forquilla-sincronitzador amb les barres accionadores. Es fixarà la posició del subconjunt mitjançant unes abraçadores que faran de topall i unes molles com es pot veure en la figura Fig. 6.9. Aquesta part és interior de la caixa de canvis.

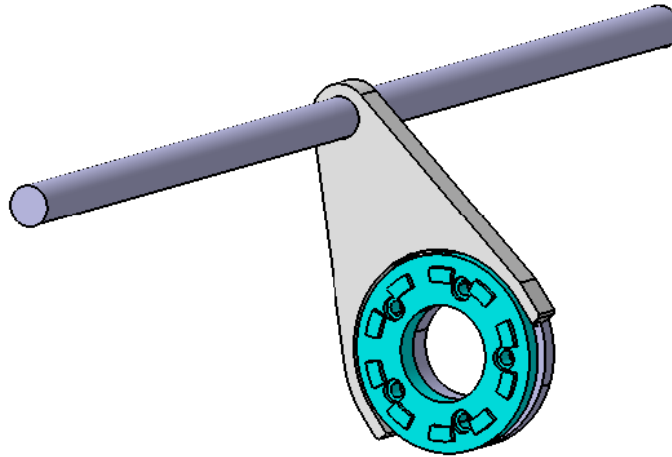


Fig. 6.8. Vista 3D. Muntatge final del conjunt Forquilles i sincronitzadors+barra accionadora (Farran, E.)

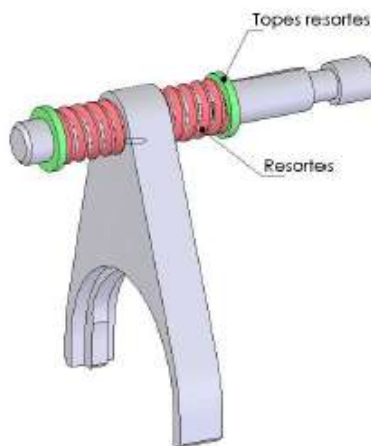


Fig. 6.9. Muntatge final de la forquilla de sincronització amb les barres accionadores (Annex E- A.García)

6.8. Estacions 8,9 i 10

En aquestes s'uniran els subconjunt casquet-tambor amb l'eix pertinent. En l'estació 8 es farà l'acoblament dels casquets-tambors S4 amb l'eix S4. En la 9, es farà els casquets-tambors S5/F1a amb l'eix S5/F1a. En la 10 els casquets-tambors S2/S3/Fpm amb l'eix S2/S3/Fpm. Es necessitaran addicionalment, per cada subconjunt de casquets-tambors, una molla, dos volanderes i un circlip. Al final el muntatge d'aquest ha de ser d'acord amb la imatge següent:

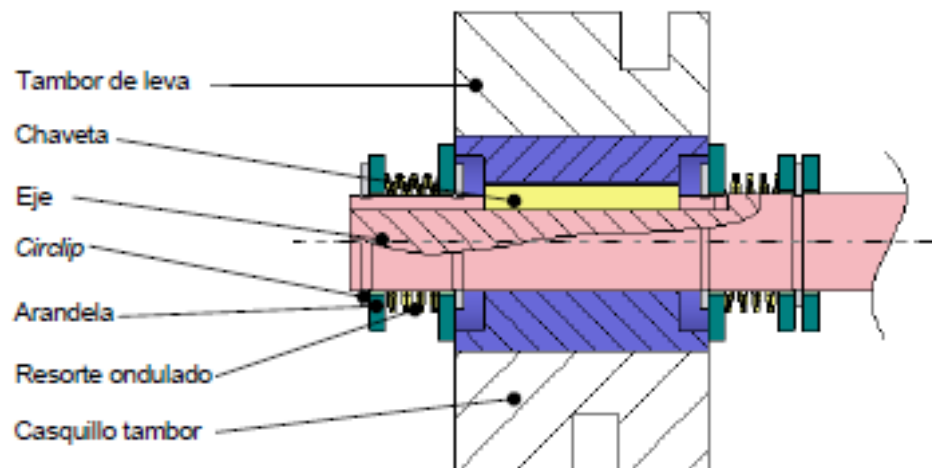


Fig. 6.10. Muntatge final del conjunt casquet-tambor amb l'eix corresponent. Després de la volandera de més a la dreta hi hauria muntat el suport per als eixos que es cargola a les plaques base pels suports. (Annex E-A.García)

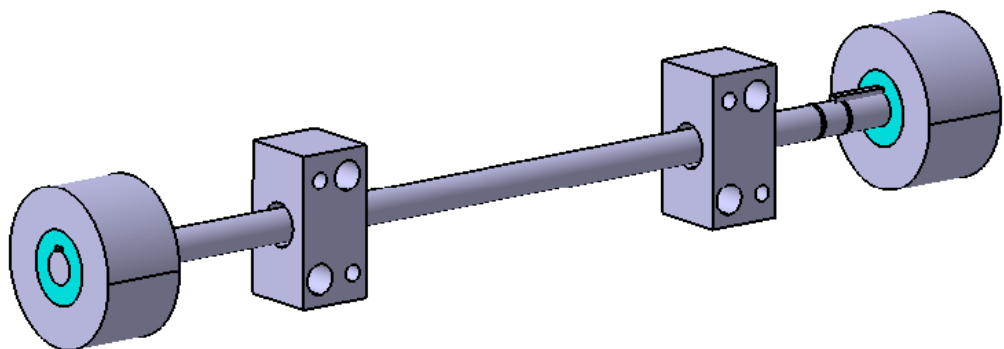


Fig. 6.11. Vista 3D. Muntatge final del conjunt casquet-tambor amb l'eix corresponent (Farran, E.)

6.9. Estació 11

En aquesta estació es durà a terme el muntatge de les plaques base suports amb la caixa de canvis. El càrter de la caixa de canvis ja portarà els forats fets per poder passar-hi els diferents elements necessaris per poder muntar el conjunt.

Es necessitaran les dues plaques, placa base suports i la placa suport B, que és la més petita de les dues. Es posicionaran en el càrter i s'uniran entre elles amb 4 espàrrecs. Com que aquestes plaques no es recolzen directament al càrter, s'utilitzaran uns casquets per recolzar-se i evitar el moviment de les plaques en ple funcionament.

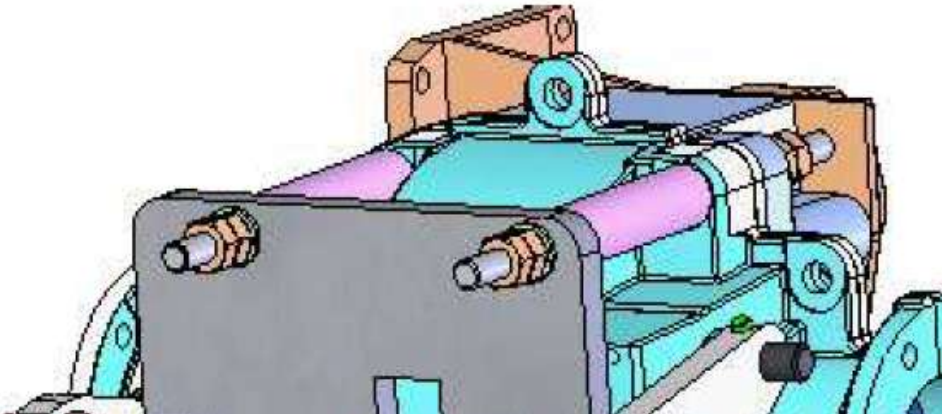


Fig. 6.12. Muntatge dels casquets distanciadors i els espàrrecs amb les plaques i els càrter de la caixa. (Memòria- A.García)

En aquesta estació la caixa de canvis té els conjunts de sincronització muntats en l'interior.

6.10. Estació 12

En aquesta es fa la unió final dels subconjunt eixos i suports motor+motor amb la resta de la caixa de canvis i els conjunts de sincronització. S'hauran de muntar les corretges de transmissió, fixar els suport dels eixos a les plaques de suport, acoblar les forquilles seguidores a les barres accionadores que surten de la caixa de canvis (mateix mètode que les forquilles de sincronització).

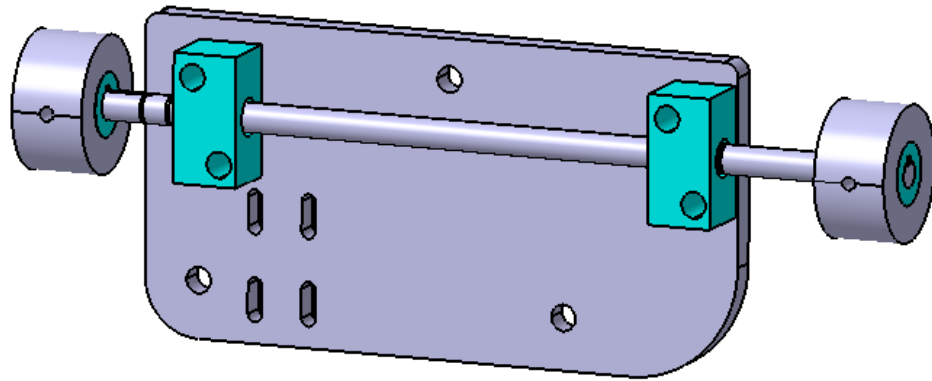


Fig. 6.13. Muntatge dels eixos amb la placa de suport B, la petita. (Farran, E.)

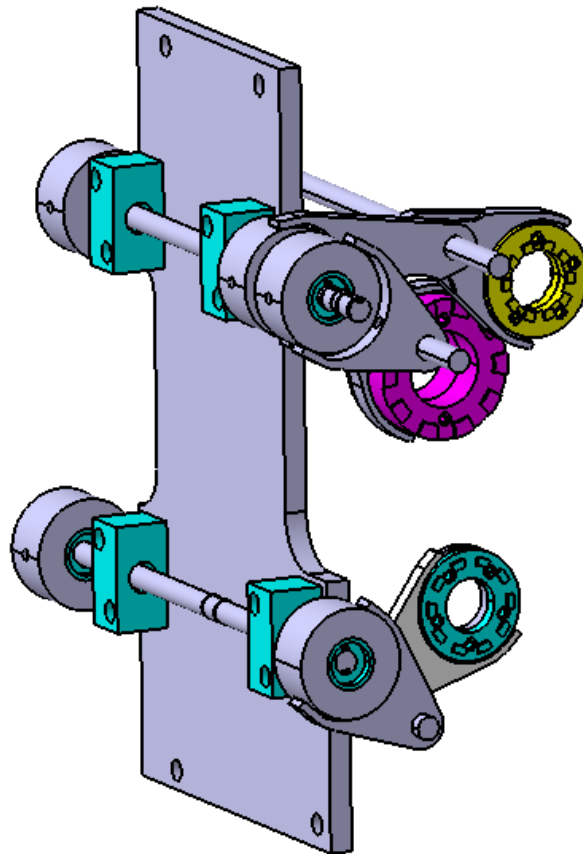


Fig. 6.14. Part del muntatge en 3D. Així quedarien muntades les diferents peces, respectives a la placa gran. Els sincronitzadors quedarien en l'interior de la caixa. (Farran, E.)

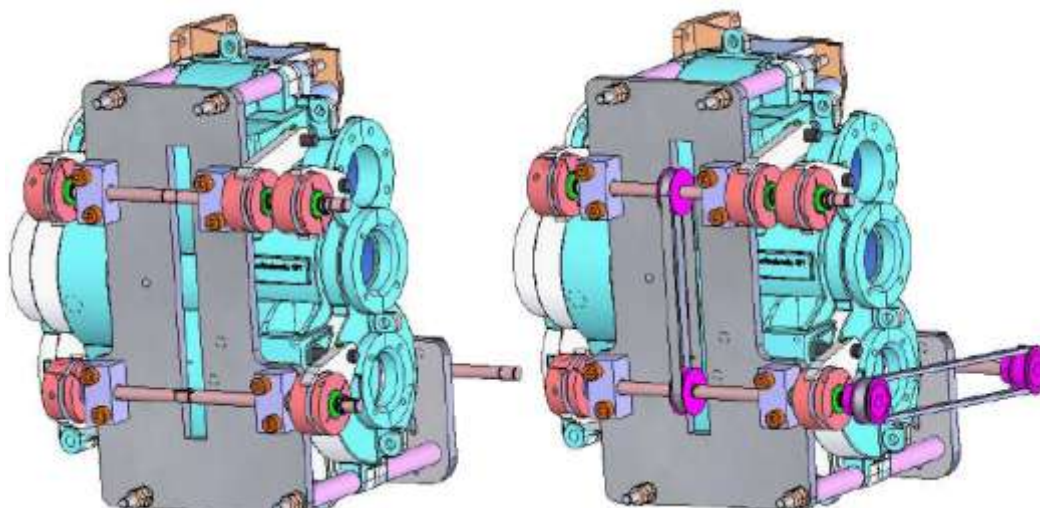


Fig. 6.15. Muntatge final de tot el conjunt. (Memòria- A.García)

7. Disseny de la planta de producció

El disseny de la planta de producció defineix com es distribuirà la maquinaria i quin espai necessitarà dins de la nau de producció. També s'ha de definir l'espai per les línies de muntatge i les diferents estacions. Per altra banda cal definir els espais bàsics que tindrà la nau de producció perquè aquesta tingui un funcionament normal.

7.1. Zones de la planta de producció

7.1.1. Taller

Per definir com s'haurien de disposar les màquines dins la fàbrica s'ha utilitzat una distribució en cèl·lules flexibles[3]. D'aquesta manera s'agrupa la fabricació de les peces per famílies, tal i com s'han tractat sempre al llarg d'aquest projecte. Això permet que les màquines també es puguin agrupar segons el tipus de peces que processen o fabriquen. Aquesta agrupació són precisament les cèl·lules flexibles[3]. En aquest cas la classificació que s'ha fet des del principi del projecte és tenint en compte la geometria, i el procés de fabricació.

Un cop definides les màquines que s'utilitzen per cada peça s'han de definir les cèl·lules. Per definir-les s'utilitza un mètode matricial, el MCM, Machines-Components Matrix. El mètode seguit fins a arribar al resultat es pot veure a l'Annex III.

El resultat obtingut han sigut les 6 cèl·lules següents:

1. Centre de mecanitzat núm.4: s'hi realitzen les plaques suports grans i el suport dels eixos. Totes tenen operacions de fresat i foradat.
2. Trepant+Centre de mecanitzat núm.3: En aquesta cèl·lula s'hi fabriquen totes les forquilles del conjunt.
3. Centre de mecanitzat núm.2: En aquesta s'hi fabriquen els tres suports motor.
4. Centre de mecanitzat núm.1+Torn núm.2: La cèl·lula 4 està completament dedicada a fer els eixos d'accionament.
5. Brotxadora+Torn núm.1+Torn núm.4+Rectificadora Plana+Rectificadora cilíndrica: En aquesta cèl·lula s'hi fabriquen els casquets i els sincronitzadors ja que tots tenen les mateixes operacions amb lleugeres diferències. La majoria són operacions de torn, excepte els ranurats de les xavetes i el ranurat intern dels sincronitzadors i els

rectificats dels casquets.

6. Torn núm.3: Aquí s'hi fa exclusivament els tambors.

MÀQUINES	X (mm)	Y (mm)	Unitats	Superfície (m²)
TORNOS				
HAAS ST-20 22,4KW	2921	4191	4	196
CENTRE MECANITZAT				
HAAS VF2	1981	3073	4	98
RECTIFICADORES				
Paragon GU-32100 CNC	1900	4200	1	8
Proth PSGC-50100 AHR	2700	3700	1	10
BROTXADORA				
NARGESA BROTXADORA VERTICAL BM25	820	1180	1	1
TREPANT				
Manek SI A/2	1140	650	1	1
Contenidors	1500	1000	12	216
TOTAL				530

Taula 7-1. Taula resum de la superfície necessària segons cada màquina

Aquest és l'espai que defineixen les màquines en si. Per altra banda s'ha de definir un espai per on els operaris es puguin moure lliurement entre les màquines d'una mateixa cèl·lula i també entre diferents cèl·lules. A més es disposarà una zona amb contenidors per dipositar les peces acabades. Aquesta zona tindrà una superfície de 36 m². Per definir l'espai lliure entre màquines i cèl·lules flexibles s'estimarà una superfície de 10 m² addicionals per màquina el que seria un total de 120 m² més.

Un cop obtingut com es distribuiran les màquines dins el taller cal definir la resta d'espais que estan relacionat amb el taller de fabricació com ara els magatzems de matèria primera o producte acabat, línia de muntatge o oficines. Tots aquests espais es defineixen al llarg de l'apartat Zones de la planta de producció.

7.1.2. Línia muntatge

Per la línia de muntatge s'estima una superfície de 140m². En aquest espai es preveu la instal·lació de cintes transportadores i taules de muntatge.

7.1.3. Magatzems

Hi haurà dos magatzems: un de matèria primera i un de producte acabat.

En el primer, s'hi destinarà tota la matèria primera necessària per poder dur a terme el procés productiu. A més s'utilitzarà de magatzem per els productes de compra com ara fixacions, motors, elements de transmissió, etc. En aquest també hi haurà els productes que són de fabricació subcontractada.

En el segon, s'utilitzarà com a magatzem de producte acabat fins que es produeixi la càrrega del producte per dur-lo al client.

S'estima que pel magatzem de matèria primera es necessitaran 38 m^2 i per al de producte acabat 38 m^2 . S'estima poc espai, perquè el que es pretén és que el volum d'estoc sigui el mínim possible. S'ha estimat l'espai necessari per al magatzem de producte acabat perquè s'hi pugui emmagatzemar la producció d'un dia.

7.1.4. Oficines

A les oficines s'hi troba molta part de personal indirecte que no es té en compte en el càlcul de necessitat de mà d'obra. Per aquesta zona es preveu una superfície necessària de 35 m^2 .

7.1.5. Serveis i vestidors

Ha de ser una zona ampla, suficient perquè els treballadors dels tallers tinguin les taquilles pròpies amb les seves respectives pertinences i altres zones d'higiene per quan acaben la jornada laboral. El serveis són d'ús per a la resta de l'empresa també i per tant s'hauran de dimensionar tenint en compte treballadors indirectes a la producció. S'estima que la superfície necessària hauria de ser de 70 m^2 .

7.1.6. Sala polivalent

Aquesta sala pot ser utilitzada com a sala de reunions amb clients, entre treballadors, sala per impartir cursos de riscos laborals, etc. Per aquesta sala es preveu un espai de 25 m^2 .

7.2. Distribució en planta

Finalment per la planta productiva es necessita una superfície mínima de 1100 m^2 tal i com es pot observar a la següent taula:

ZONES	SUP.(m²)
TOTAL MAQUINES+CONTENIDORS	530
TOTAL MUNTATGE	140
TOTAL ALTRES ESPAIS	291
ESPAI EXTRA ENTRE MÀQUINES	120
TOTAL	1081

Taula 7-2. Taula resum de totes les zones de la planta de producció

La distribució de la planta s'ha dissenyat intentant pensar en un flux natural de les peces i el material dins el procés.

Pel que fa a la zona de fabricació que inclou la maquinaria i el muntatge s'han distribuït de manera consecutiva dins la nau perquè hi ha una relació directa en el procés de fabricació. Així com l'ús de la matèria primera en les màquines per convertir-les en peces per al conjunt, obliga a situar el magatzem de matèria primera i el d'eines prop de la maquinaria. Per altra banda el magatzem de producte acabat en el que s'hi deixaran els conjunts ja acabats i preparats per al seu transport a fabrica. Cada un dels magatzems té unes zones de càrrega i descàrrega per entrada i sortida del material.

A la zona de maquinaria, es poden veure les 6 cèl·lules amb les màquines corresponents a cada una segons l'estudi de distribució que s'ha comentat anteriorment en l'apartat Zones de la planta de producció, que es pot consultar sencer a l'annex III.

La resta de la nau està pensada per a funcions administratives o són diferents zones per al personal. Per aquest motiu, s'ha dissenyat la distribució pensant en que haurien de ser consecutives. D'aquesta manera es separen clarament la zona de fabricació i l'administrativa. També és un punt a favor de la seguretat del personal ja que no han de transitar en mig de zones on hi ha maquinaria treballant si les funcions que han de realitzar no tenen relació amb la fabricació.

Aquest disseny en planta de les diferents zones de la nau es pot veure reflectit clarament en la imatge següent.

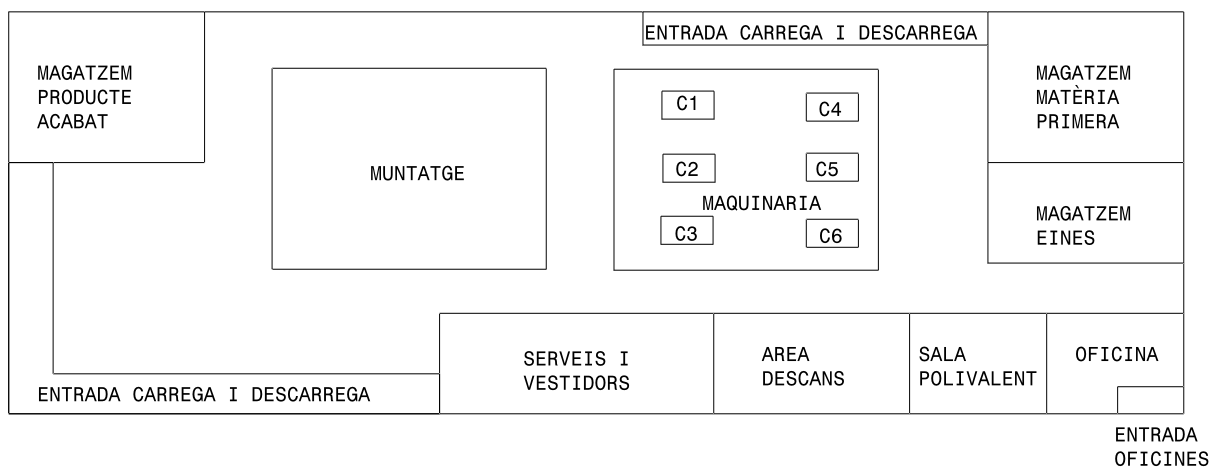


Fig. 7.1. Distribució en planta de la nau de producció (Farran, E.)

8. Estudi de viabilitat econòmica

En aquest apartat es realitza un estudi econòmic per poder valorar si el projecte de fabricació del sistema d'accionament i sincronització del canvi de marxés és viable. Tal i com s'ha comentat en el punt Abast del projecte, on es defineix l'abast del projecte, es suposa una durada de la fabricació de 5 anys. Per altra banda cal determinar la inversió inicial i els costos generals que influeixen en el rendiment del projecte.

S'utilitza el mètode del Valor Actualitzat Net(VAN), la Taxa de Rendibilitat Interna(TIR) i el Pay-Back per valorar la rendibilitat del projecte.

En l'annex III es detallen tots els costos que defineix tant els ingressos i la inversió com els costos fixes i variables.

8.1. Anàlisi econòmic

Per determinar els indicadors econòmics que s'han citat en els paràgrafs anteriors d'aquest apartat, el VAN, el TIR i el Pay-Back es necessita saber el flux de caixa anual. Per obtenir-lo es tenen en compte els ingressos anuals que generen les ventes del producte, els costos fixes i variables i els impostos que s'han de pagar.

8.1.1. Preu de venda

El preu de venda es defineix segons el cost per conjunt. A partir d'aquí s'ha d'establir un marge de guanys sobre el cost de producció que permeti generar uns beneficis al fer el balanç anual. Aquest marge ha de ser suficient per poder sufragar els costos generats anualment, pagar els impostos i generar prous beneficis per poder fer rendible la inversió.

Per saber quan costa el conjunt sencer, s'ha de saber quan costa produir cada peça. Per calcular el cost per peça es fa mitjançant la següent expressió:

$$C_T = C_p + C_i + C_t + C_e \quad (\text{Eq. 8.1})$$

On:

C_T , Cost total

C_p , Cost del temps de preparació de màquina



C_i , Cost del temps improductiu

C_t , Cost de temps de tall

C_e , Cost d'eina

A continuació es detallen cada un dels costos:

El cost de preparació

$$C_p = P_0 \cdot t_p \quad (\text{Eq. 8.2})$$

On:

P_0 , Cost operari per unitat de temps (inclou els costos generals i els atribuïts a les màquines)

t_p , temps de preparació de les màquines

El temps de preparació s'ha estimat segons el nombre d'operacions i el tipus d'operacions que ha de fer cada màquina. Per exemple, com més operacions, més temps de preparació. Això es degut a que s'han de preparar més eines, més utillatges, etc.

El cost de temps improductius:

$$C_i = P_0 \cdot t_i \quad (\text{Eq. 8.3})$$

On:

t_i , temps de preparació de les màquines

Els temps improductius s'han estimat en funció del nombre d'operacions a fer, així doncs com més operacions més temps improductiu té el cicle ja que, per exemple, hi ha més aproximacions i allunyaments de l'eina.

El cost del temps de tall

$$C_t = P_0 \cdot t_t \quad (\text{Eq. 8.4})$$

On:

t_i , temps de preparació de les màquines

El temps de tall es calcula tal i com s'especifica en l'apartat 5.

El cost de l'eina

$$C_e = \frac{P_0 \cdot t_{ce} + C_a}{Z} \quad (\text{Eq. 8.5})$$

On:

T_{ce} , temps de canvi d'eina

C_a , Cost d'afilar o renovar l'eina

En cas de que les eines se'ls afili una sola aresta C_a es calcularà amb l'expressió 8.6, d'altra banda si té varies arestes que no s'afilen es calcularan segons l'expressió 8.7:

$$C_a = P_{0a} \cdot t_a \frac{\text{Cost eina nova}}{\text{Num. afilats admet}} \quad (\text{Eq. 8.6})$$

On:

T_a , temps d'afilat

P_{0a} , Cost de l'operari+cost màquina d'afilar+... per unitat de temps

$$C_a = \frac{\text{Cost eina nova}}{\text{Num. arestes intercanviables}} \quad (\text{Eq. 8.7})$$

Es suposa que les eines no s'afilen i es canvien després de que s'arribi al temps màxim entre afilats. Aquests s'han estimat segons el tipus d'eina i d'operacions.

Per al càlcul del cost de l'operari per unitat de temps(P_0) es tenen en compte els costos mensuals que costa tenir la fàbrica funcionant. Al P_0 es tenen en compte els costos de maquinaria i generals de la producció. A l'annex III es detalla el càlcul d'aquest valor que al final es fixa en 0,0135 €/s. A partir d'aquest valor i els temps de cicle de les peces es pot

calcular el que costa produir cada peça i per tant el que cost produir cada conjunt. LA següent taula detalla el cost de producció per conjunt.

Cost total per conjunt	
Cost peces fabricació	137,14 €
Cost peces compra+subcontractació	290,40 €
TOTAL	427,54 €

Taula 8-1. Costos per conjunt

Determinant que el marge que es vol tenir amb les ventes sigui d'un 12%, això fixa el preu en **478,85€**. Venent el producte a aquest preu es generaran uns ingressos anuals de **10.055.760,13€**.

8.1.2. Costos fixos

Per determinar els costos fixos de l'explotació es tenen en compte l'amortització anual dels actius (màquines, Utillatges, eines utilitzades pel manteniment i el muntatge, mobiliari de la fàbrica i de l'oficina), el lloguer de la nau i les despeses generals (aigua, gas, assegurances, empresa de reciclatge, gestoria).

COSTOS FIXES	
Lloguer nau	90.000,00 €
Amortització màquines	35.909,34 €
Amortització utillatges	895,20 €
Amortització útils verificació	811,56 €
Amortització eines muntatge i manteniment	15.000,00 €
Amortització material oficina	10.000,00 €
Amortització material fàbrica	36.000,00 €
Despeses generals	
Aigua	5.000,00 €
Gas	8.200,00 €
Assegurances	5.000,00 €
Gestoria	3.500,00 €
Empresa Reciclatge	10.000,00 €
TOTAL COSTOS FIXES	220.316,10 €

Taula 8-2. Costos fixos anuals

8.1.3. Costos variables

Per altra banda cal determinar els costos variables. Per obtenir-los s'ha de tenir en compte la

mà d'obra, la matèria primera, els elements de compra, les peces subcontractades a proveïdors externs, les eines de tall i portaeines i el cost energètic variable. La taula següent en resumeix el valor de cada un:

COSTOS VARIABLES	
Mà d'obra directa	1.830.760,00 €
Matèria primera	897.814,05 €
Elements de compra i subcontractació	6.098.400,00 €
Cost energètic	106.598,71 €
Cost eines producció	275.235,93 €
TOTAL COSTOS VARIABLES	9.208.808,69 €

Taula 8-3. Costos variables anuals

8.1.4. Inversió inicial

INVERSIO INICIAL	
Màquines	538.640,14 €
Utilitatges	4.476,00 €
Útils Verificació	4.057,80 €
Eines Muntatge i Manteniment	75.000,00 €
Material oficina	50.000,00 €
Material fàbrica (indirectes producció)	180.000,00 €
Estudi projecte	15.000,00 €
TOTAL INVERSIÓ INICIAL	867.173,94€

Taula 8-4. Inversió inicial

8.1.5. Flux de caixa

Per definir els flux de caixa s'utilitzen els valors dels costos fixos i variables i també de la inversió que s'han obtingut anteriorment.

ANY	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓ INICIAL (-)	-867.174					
Ingressos		10.055.760	10.055.760	10.055.760	10.055.760	10.055.760
Costos Fixes		-220.316	-220.316	-220.316	-220.316	-220.316
Costos Variables		-9.208.809	-9.208.809	-9.208.809	-9.208.809	-9.208.809
BAAIT (Marge operatiu Brut)		626.635	626.635	626.635	626.635	626.635
Amortitzacions		-98.616	-98.616	-98.616	-98.616	-98.616
BAIT(Benefici abans d'impostos)		528.019	528.019	528.019	528.019	528.019
Impostos						
Societats 30%		-158.406	-158.406	-158.406	-158.406	-158.406
BDT(Benefici Net)		369.613	369.613	369.613	369.613	369.613
Amortitzacions		98.616	98.616	98.616	98.616	98.616
FLUX DE CAIXA	-867.174	468.230	468.230	468.230	468.230	468.230

Taula 8-5. Fluxos de caixa anuals

8.1.6. Valor Actualitzat Net

Per determinar el VAN intervenen tres factors principals: la inversió inicial, els flux de caixa anuals i la taxa d'interès.

Per als dos primers, es determinen amb l'anàlisi fet en l'apartat Anàlisi econòmic. Per determinar la taxa d'interès s'estima que el valor de la inversió al complir l'horitzó del negoci, 5 anys, hauria de ser un 10% superior. Per tant la taxa d'interès exigida és del 10%.

Per determinar el VAN es farà seguint la següent equació:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (Eq. 8.8)$$

On:

I_0 , és la inversió inicial

F_n , són els moviments de flux anuals

N , és la durada del projecte

i , és la taxa d'interès

El **VAN** obtingut és de **907.784,49€**. Per tant al tenir un VAN superior a 0, vol dir que s'obtindran beneficis per sobre de la taxa exigida. En definitiva, la inversió es rendible.

8.1.7. Taxa de Rendibilitat Interna

La TIR és aquell indicador econòmic pel qual el Valor Actualitzat Net de la inversió és zero. Es considera que una inversió és rendible quan la TIR és igual o superior a la taxa d'interès exigida a l'hora de fer la inversió. Per calcular el VAN, s'ha exigit una taxa d'interès del 10%, per tant la TIR hauria de ser igual o superior.

Per calcular la TIR s'utilitza la següent expressió:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (Eq. 8.9)$$

El valor obtingut de la **TIR** és del **46%**, molt superior a la taxa exigida del 10%. Tenint en compte aquest indicador es podria dir que la inversió és molt rendible.

8.1.8. Pay-Back o retorn de la inversió

Per determinar quan s'aconseguirà recuperar la inversió inicial es tindran en compte els flux de caixa anuals i la inversió inicial. A la taula següent es mostra el càlcul del període de retorn:

PAYBACK	0	1	2	3	4	5
Flux de caixa	-867.174	468.230	468.230	468.230	468.230	468.230
Flux de caixa acumulat	-867.174	-398.944	69.285	537.515	1.005.744	1.473.974

Taula 8-6. Pay-back o retorn de la inversió

Per tant **el retorn de la inversió** es produiria en el **segon any** d'explotació del negoci. Es considera com un període de retorn satisfactori.

9. Gestió dels residus

La gestió de residus i els respecte al medi ambient és un tema molt important en les activitats industrials ja que els residus generats poden ser molt perillosos tant per la salut humana com pel medi ambient en general. D'aquí la importància de realitzar un estudi d'impacte ambiental en tota activitat industrial. En aquest projecte no es farà un estudi d'impacte ambiental (EIA) complet ja que està fora de l'abast d'aquest . Tot i així si que es definiran unes bases per poder establir una gestió de residus i un control mediambiental.

En primer lloc cal que a l'hora de dissenyar el procés productiu ja hi hagi una consciència de sostenibilitat i pensar en dissenyar un procés mediambientalment viable. Per això cal tenir en compte alguns aspectes com ara:

- Minimitzar el consum energètic: la maquinaria no ha d'estar excessivament sobre dimensionada, ja que això pot disparar els consum elèctrics provocant un cost energètic innecessari a de més de l'impacte ambiental indirecte que això suposa, ja que part de l'energia extra que s'haurà consumit segurament es produeixi amb energies no renovables (nuclears o fòssils)
- Minimitzar els residus del procés: Tenint en compte que les màquines més modernes estan optimitzades respecte al consum de refrigerants i olis lubricant, s'ha de tenir en compte a l'hora de seleccionar la maquinaria.
- Eficiència del procés: Determinar una maquinaria que tingui un rendiment el més elevat possible per no malgastar energia i reduir els temps de cicle del producte.

En aquest apartat es definiran un protocol bàsic per gestionar els residus generats per la planta. Aquest protocol segueix els següents passos:

1. Identificació i classificació dels residus i els factors contaminants del procés productiu
2. Definició de la quantitat de residus generats i anàlisi dels aspectes contaminants
3. Definir el nivell de toxicitat dels residus
4. Definir un sistema de recollida dels residus
5. Reciclatge/Reutilització i minimitzat dels residus o contaminants

9.1. Identificació i classificació

En primer lloc s'identificaran i classificaran els residus propis del mètode de fabricació d'arrencament de ferritja. Aquests són:

- Olis i refrigerants
- Fluids de tall
- Ferritja seca
- Ferritja impregnada d'oli o refrigerants
- Material sobrant que no es pot utilitzar degut a dimensions o deformacions o mal estat en general degut a l'emmagatzematge
- Eines o elements relacionats amb el procés de fabricació i muntatge que es trenquen i no es poden reutilitzar (Eines de tall, Cargols, femelles, eines de muntatge, eines necessàries per preparar les màquines...)
- Contaminació acústica
- Contaminació d'aigües
- Contaminació atmosfèrica

9.2. Quantitat de residus generats i anàlisi de contaminants

A continuació s'hauria de definir les quantitats generades de cada un dels residus esmentats. Per això en la fase explotació de l'empresa s'hauria de fer un estudi de la quantitat de residus generats per a fer una unitat del producte. Aquest estudi es pot subcontractar a una empresa externa especialitzada que realitzi l'estudi, generi un informe i estableixi un protocol de millora o de manteniment del procés per a que sigui més sostenible o que almenys en mantingui el nivell.

Pel mateix fet d'analitzar els residus generats, s'haurà d'analitzar la contaminació acústica, d'aigües i atmosfèrica. En principi, el principal problema seria la contaminació acústica degut al soroll que provoquen les màquines en funcionament normal. S'hauria d'encarregar un estudi a una empresa externa especialitzada perquè quantifiqui els decibels que es generen en l'activitat i detalli en un informe si s'han de prendre mesures o s'està dins dels límits legals.

9.3. Toxicitat dels residus i/o contaminants

El pas següent seria definir el nivell de toxicitat de cada un dels residus. Normalment els residus venen de material o productes adquirits a proveïdors (fabricants de refrigerants, empreses del sector metal·lúrgic...) ja que l'activitat principal de l'empresa és de transformació. Aquests han de fer entrega dels productes amb unes fitxes tècniques que defineixen les característiques del material. En el cas de les matèries primeres metàl·liques el proveïdor donarà informació de la composició química del material. Això serà útil a l'hora de definir-ne la toxicitat. Pel que fa als olis i refrigerants el proveïdor ha d'incloure una fitxa tècnica amb les característiques del producte. En aquesta se'n definirà el risc que representa per la salut humana i el medi ambient.

Una classificació a grans trets seria la següent:

- Material perillós: olis i refrigerants, ferritja impregnada d'olis i refrigerants, greixos utilitzats pel muntatge (si s'escau)
- Material no perillós: ferritja seca, material sobrant i eines o material en mal estat

9.4. Recol·lecció dels residus

Per a la recol·lecció dels residus s'haurà de definir on es recol·lecten, l'emmagatzematge i el posterior tractament.

9.4.1. Olis i refrigerant

Per a la recol·lecció dels olis i lubricants les pròpies màquines tenen uns dipòsits per recol·lectar l'oli utilitzat. Aquest oli es reutilitza fins que perd les propietats. En aquest moment es quan s'ha de fer el canvi de l'oli usat a un oli nou. Si hi ha ferritja impregnada d'oli, aquesta també s'haurà de recol·lectar.

En referència a l'emmagatzematge, l'oli o el refrigerant utilitzat s'hauran de dipositar en bidons. La ferritja impregnada d'oli s'emmagatzemarà en contenidors. Aquests bidons i contenidors s'hauran de poder diferenciar els uns dels altres, ja que no tots els olis lubricants són iguals ni tots els refrigerants tampoc. Aquesta diferenciació es pot aconseguir etiquetant els bidons amb les característiques de cada residu.

Es determinarà un responsable de l'àrea d'emmagatzematge que vetlli pel correcte funcionament del procés de recol·lecció de residus. D'aquesta manera s'assegura que no es mesclin components diferents.

Un cop emmagatzemat, el responsable durà a terme uns anàlisis per cada entrada d'oli a l'àrea d'emmagatzematge. Els objectius principals seran:

- Identificar impureses en els olis
- Detectar possibles contaminacions (aigua, refrigerant, combustible, pols...)
- Detectar l'existència de mescles amb altres olis
- Establir el rendiment de l'oli i la validesa en la seva aplicació
- Comprovar si es pot reutilitzar (en cas de que es pugui, retornar a la planta i que sigui usat altre cop a les màquines)

Aquests punts són molt importants ja que s'assegura una gestió eficaç dels olis. Aquest model de gestió aportarà els següents avantatges:

- Estalvi anual en l'adquisició d'olis
- Control del desgast de la maquinaria
- Referència per comparar el funcionament i a l'hora el desgast de les màquines
- Determinació del correcte ús de l'oli

Per la ferritja impregnada d'oli, com que estarà separada de la ferritja seca, es pot tractar abans fent un centrifugat de la mateixa o dipositant-la en un contenidor de drenat. Llavors els olis es tracten a part i la ferritja es pot dipositar en un altre contenidor, separada de les ferritja seca.

El magatzem d'olis serà a l'interior de la nau. Serà cobert i tindrà accés restringit a les persones responsables. D'aquesta manera es redueixen els riscos associats al transport. Els bidons amb l'oli utilitzat estaran sobre una plataforma amb una lona impermeable. Cada tipus d'oli estarà sobre una plataforma individual. Aquesta plataforma tindrà un petit pendent per a que els possibles vessaments dels olis utilitzats vagin al terra de la sala i hi pugui haver contaminació d'algun medi aquós. Els vessaments aniran dipositant-se en una canal de recol·lecció. L'oli s'acabarà dipositant en una safata, que es buidarà i s'emmagatzemarà igual que els altres olis.

Per als olis que s'hauran d'utilitzar per les màquines es seguirà el mateix sistema, l'únic que es col·locaran horitzontalment per facilitar l'ompliment de bidons més petits.

Quan el responsable detecti que es superen els límits de residus emmagatzemats haurà de pactar, amb l'empresa externa encarregada de la recollida dels materials perillosos, la recollida dels bidons.. A partir d'aquí l'empresa externa en garanteix el correcte reciclat.

9.4.2. Ferritja

S'intentarà minimitzar la ferritja que es genera modificant condicions de tall i les eines de tall sempre i quan no es comprometi la producció.

La ferritja serà recol·lectada en contenidors per les mateixes màquines. S'intentarà que els contenidors siguin buidats sempre i quan es produeixi un canvi de material en la peça a fabricar. D'aquesta manera s'assegurarà que el contingut del contenidor és d'un metall (acer, alumini, bronze...) i en serà més fàcil la gestió posterior. Els contenidors d'emmagatzematge hauran d'estar ben diferenciats per materials. Aquesta diferenciació es pot aconseguir amb etiquetes amb les característiques de cada una dels metalls. Aquests hauran d'estar coberts per possibles contaminacions mentre estiguin emmagatzemats (aigua, pols, olis...). S'ha d'intentar que la ferritja estigui en un lloc sec i prou net per no contaminar-se. EL motiu principal és que el valor de la ferritja és més alt com menys agents externs tingui.

Un cop drenada, assecada i emmagatzemada s'esperarà que el responsable de l'àrea d'emmagatzematge dels residus, ordeni la recollida dels contenidors a l'empresa externa encarregada del reciclatge. En el cas de la ferritja seca, es pot plantejar vendre la ferritja a una empresa metal·lúrgica perquè aquesta torni a fondre's i pugui ser reutilitzada per a la fabricació de matèria primera i torni a entrar al cicle productiu com a material reciclat.

9.4.3. Fluids de tall

Els fluids de tall s'utilitzen per millorar el rendiment del mecanitzat gràcies a una millor lubricació, refrigeració i evacuació de la ferritja. Com es obvi aquests fluids van perdre propietats i envelleixen. Es sap que els fluids de tall ja no són útils quan no compleixen bé les funcions anteriors i el mecanitzat es veu afectat perdent qualitat d'acabat superficial, precisió o corrosió de les eines

L'objectiu principal serà minimitzar els residus i ser més eficients durant el procés productiu. S'aconseguirà intentant minimitzar la contaminació i el desgast precoç dels fluids de tall. Algunes mesures poden ser:

- Estandarditzar el tractament dels fluids de tall: higiene, manteniment, control i tractament

- Reduir entrada d'olis i altres contaminants
- Recuperar els fluids arrastrats per la ferritja
- Responsabilitzar al personal de reduir el consum de fluids de tall
- Estudiar si es viable el mecanitzat en sec d'algunes peces

Si s'aconsegueix implantar algunes d'aquestes mesures, a part d'aconseguir una reducció del residu, s'aconseguirà un estalvi econòmic per l'empresa.

Un cop recol·lectades els fluids de tall usats, seguiran el mateix procediment que els residus anteriors. Es dipositaran en bidons exclusius per cada tipus de fluid. Quan sigui necessari l'empresa de recollida els transportarà a una planta de reciclatge i s'encarregarà de tot el post-procés.

9.5. Reciclatge/Reutilització i minimitzat de residus i/o contaminants

Del reciclatge i la reutilització se'n encarreguen empreses externes que tenen la infraestructura per fer-ho. Però l'objectiu de minimitzar la generació d'aquests residus i contaminants resideix en la pròpia empresa.

Després d'haver encarregat estudis per optimitzar la generació de residus del procés productiu o estudi mediambientals per analitzar la influència del procés productiu en l'entorn se n'extrauran unes conclusions. Aquestes seran reflectides en uns informes i l'empresa s'ha de comprometre a complir-los.

Si existeix un cas de contaminació acústica perillosa per l'entorn s'hauran d'aplicar mesures d'insonorització, de la zona de màquines especialment, per reduir aquest efecte. Si es necessari es proveirà als operaris de auriculars d'insonorització o taps d'insonorització.

En cas de que hi hagi generació de gasos contaminants, s'instal·laran uns ventiladors amb filtres a la nau, per evitar qualsevol contaminació atmosfèrica. En cas de que sigui necessari es proveirà de material de seguretat als operaris que treballin en la zona de generació de gasos. En aquest punt també es pot tenir en compte la contaminació indirecta degut al consum elèctric.

Si hi ha una contaminació d'aigües de l'empresa, s'haurà d'arreglar el problema i implantar un sistema de seguretat per evitar nous casos de contaminació.

Conclusions

En aquest projecte s'ha dissenyat el procés de fabricació d'un sistema d'accionament i sincronització d'un canvi de marxes continuament variable.

S'han respectat quasi tots els dissenys de les peces a excepció d'algunes que s'ha cregut necessària la modificació per facilitar-ne la fabricació. Aquestes modificacions han sigut sotmeses a un estudi exhaustiu del disseny per valorar-ne la posterior fabricació. D'aquest estudi se'n pot extreure també que les peces dissenyades tenien la necessitat en alguns casos d'utilitzar utilatges per poder-les fabricar. Així doncs s'han dissenyat uns utilatges per solucionar aquest problema.

S'han dissenyat els fulls de ruta i de fase per a cada una de les peces, establint les operacions, les màquines, les eines de tall, els utilatges i els aparells de verificació necessaris per a la fabricació de les peces.

S'ha dissenyat la planta de producció segons una distribució de les màquines en cèl·lules flexibles. La resta d'espais de la planta han sigut situats segons el flux del material. En alguns casos s'ha hagut de fer alguna excepció ja que no es podia aconseguir respectar el flux de material dins la cadena de producció. Tot i així s'ha respectat al màxim, per poder dissenyar un procés i una distribució el més eficients possibles.

En referència a l'estudi econòmic, es pot deduir que la inversió es molt rendible ja que els indicadors econòmics així ho reflecteixen. En definitiva es recomana fer la inversió.

La gestió de residus es recomanable que sigui revisat el protocol periòdicament per una empresa externa i s'intenti millorar. La contractació d'empreses externes especialitzades en aquest camp és molt recomanable per tenir una visió més objectiva del procés productiu i de la generació de residus.

Com a punt d'anàlisi, faltaria completar el projecte i que es pogués portar a terme en un entorn real, faltaria completar-ho amb un estudi ambiental i una millora prèvia del disseny, pensada en la fabricació i el muntatge i no només en la funcionalitat.

Per finalitzar, es pot concloure que el projecte reflecteix que s'ha intentat optimitzar el procés de fabricació. S'ha pogut aconseguir realitzant modificacions del disseny, unificant operacions en una sola màquina o bé agrupant les màquines en cèl·lules flexibles. Al final, els temps de cicle i en conseqüència els costos, s'han reduït respecte les primeres hipòtesis de plantejament de la fabricació.

Agraïments

En primer lloc agraeixo la magnífica tutorització de l'Alex Domínguez, ja que ha sabut guiar molt bé els meus passos en el projecte per poder executar-lo de la millor manera possible.

A la meva família i amics, per animar-me tant en els bons moments com en els més feixucs on semblava que el projecte no avançava. Gràcies també per esperonar-me a seguir endavant i esforçar-me en aconseguir finalitzar-los.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] GARCÍA, A., *Diseño y desarrollo de un sistema de accionamiento y sincronización de marchas*. Projecte Final de Carrera. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, 2011.
- [2] VIVANCOS, J., BUJ CORRAL, I., COSTA, LL., GOMÀ, J.R., *Sistemas de Fabricación*. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.
- [3] DEPARTAMENT ENGINYERIA MECÀNICA, ETSEIB,UPC, *Tecnologia de grups- Apunts Sistemes Integrats de Fabricació*. Barcelona, 2016.
- [4] DEPARTAMENT ENGINYERIA MECÀNICA, ETSEIB,UPC, *Taules de Metrologia- Apunts Tecnologies de Fabricació*. Barcelona, 2016.
- [5] GERLING,H.,*Alrededor de las máquinas-herramienta*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 2006.
- [6] WNT IBERICA HERRAMIENTAS DE PRECISIÓN S.L., *Catálogo de herramientas*. Madrid, 2016.
- [7] ROSSI, M., *Máquinas herramientas modernas. Mandos hidráulicos, métodos de fabricación, herramientas, tiempos de producción. Volumen II*. Madrid: Dossat S.A., 1981.

ThyssenKrupp Materials Ibérica. Acers utilitzats.

[<http://www.thyssenkruppmaterials-iberica.es>]



